W.P.J.

SLUB
Wir führen Wissen.
gefördert von der
Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

W.P.J.

SLUB
Wir führen Wissen.

gefördert von der
Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Ausführliches Handbuch

der

PHOTOGRAPHIE

von

Hofrat Dr. **Josef Maria Eder.**

Mit über 2000 Abbildungen und zahlreichen Tafeln.

Erster Band, dritter Teil.

Dritte gänzlich umgearbeitete und vermehrte Auflage.

Halle a. S.
Verlag von Wilhelm Knapp.
1912.

SLUB
Wir führen Wissen.
gefördert von der
Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Ag

W.P.J.

28

Die Photographie bei künstlichem Licht, Spektrumphotographie, Aktinometrie

und die chemischen Wirkungen des farbigen Lichtes

von

Hofrat Dr. **Josef Maria Eder**

Mitglied der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien,
Direktor der k. k. Graphischen Lehr- und Versuchsanstalt und o. ö. Professor
an der k. k. Technischen Hochschule in Wien.

Mit 409 Figuren und 10 Tafeln.

Dritte gänzlich umgearbeitete und vermehrte Auflage.

A 1i

Ag

Wiss.-photogr. Institut
d. S. Techn. Hochschule
DRESDEN-A 21, Georg Bär-Str. 1

Halle a. S.
Verlag von Wilhelm Knapp.
1912.

SLUB
Wir führen Wissen.
gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

rell1 m001 HAG,PM21 R2017 8 21398

544852 14
Sächsische Landesbibliothek -
Staats- und Universitätsbibliothek Dresden
12 MAI 2000
D-sob-3
Standort: 05, GPH
AP 93400 E22 -1.3(3)

2000.P.0168P68.001

SLUB
Wir führen Wissen.
gefördert von der
Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

W.P.J.

Vorwort.

Die Photographie bei künstlichem Licht, die Spektrumphotographie, die chemischen Wirkungen des farbigen Lichtes, die Photometrie der chemisch wirksamen Lichtstrahlen, die Sensitometrie und die Methoden der Messung der Belichtungszeit sind in den letzten Jahren durch umfassende Arbeiten sowohl in der Theorie als in der Praxis wesentlich bereichert worden. Diese in früheren Auflagen kurz bearbeiteten Kapitel mußten demzufolge eine wesentliche Erweiterung und Umarbeitung erfahren. Da der Verfasser auf diesem Gebiet selbst vielfach Untersuchungen vornahm, so konnte er im vorliegenden Werke seine Erfahrungen zusammenfassend niederlegen und hofft dadurch willkommene Anregung für weitere selbständige Arbeiten zu bieten. Neu ist die Illustrierung der Leistungsfähigkeit der verschiedenen Typen von Spektrographen durch Proben von Spektrumphotographien. Betreffs der rein spektralanalytischen Seite dieser Untersuchungen sei auf das vom Verfasser in Gemeinschaft mit Professor E. Valenta verfaßte und von der kaiserl. Akademie der Wissenschaften in Wien herausgegebene Werk „Atlas typischer Spektren, mit 53 Tafeln und erläuterndem Text“ (Wien 1911, Kommissions-Verlag von Alfred Hölder, k. und k. Hof- und Universitätsbuchhändler) verwiesen.

Wien, im Frühjahr 1912.

J. M. Eder.

SLUB
Wir führen Wissen.
gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Inhalt.

Seite

Erstes Kapitel. Spektralanalyse und Spektrumphotographie 1
Zweites Kapitel. Prismen-Spektralapparate 17
Drittes Kapitel. Spektrumphotographie. Methoden der spektrographischen Untersuchungen 24
Viertes Kapitel. Photographie des Ultraviolett kürzester Wellenlänge. — Gitterspektrographen 53
Fünftes Kapitel. Die Photometrie der chemischen wirksamen Strahlen und die Prüfung der Empfindlichkeit photographischer Präparate 71
Sechstes Kapitel. Chemische Photometer mit Gasen und Flüssigkeiten . . 98
Siebentes Kapitel. Verwendung optischer Photometer und phosphoreszierender Substanzen in der Photographie 121
Achtes Kapitel. Photometrie mittels photographischer Schichten 129
Neuntes Kapitel. Empfindlichkeitsmessung photographischer Platten. — Sensitometrie 188
Zehntes Kapitel. Expositionsmesser 229
Elftes Kapitel. Chemische Wirkungen des farbigen Lichtes 242
Zwölftes Kapitel. Verhalten von verschiedenen lichtempfindlichen unorganischen Verbindungen gegen farbiges Licht 319
Dreizehntes Kapitel. Wirkung von farbigen und farblosen Medien in bezug auf Photographie 332
Vierzehntes Kapitel. Die Photographie im Zusammenhang mit meteorologischen und klimatischen Verhältnissen 364
Fünfzehntes Kapitel. Die Photographie bei künstlichem Licht 404
Sechzehntes Kapitel. Elektrische Lichtquellen 408
Siebzehntes Kapitel. Verwendung des elektrischen Lichtes in der Photographie 432
Achtzehntes Kapitel. Gaslicht, Kerzenlicht. — Holzfeuer, Feuersbrunst . 481
Neunzehntes Kapitel. Azetylen 493
Zwanzigstes Kapitel. Oxy-Hydrogen-Kalklicht und Verwandtes 497
Einundzwanzigstes Kapitel. Bengalisches Feuerwerk. 506
Zweiundzwanzigstes Kapitel. Verbrennender Phosphor und Schwefel. — Schwefelkohlenstoff-Stickoxydlicht. — Chromylchlorid- und Titanchloridlicht 509
Dreiundzwanzigstes Kapitel. Phosphoreszenzlicht 513
Vierundzwanzigstes Kapitel. Magnesiumlicht 514

SLUB
Wir führen Wissen.
gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Seite

Fünfundzwanzigstes Kapitel. Magnesiumblitzlicht- und Zeitlicht-Gemische 539
Sechsundzwanzigstes Kapitel. Aluminiumlicht. — Zink. — Kalzium . . 560
Siebenundzwanzigstes Kapitel. Packung und Zündung von Blitzlichtgemischen 564
Achtundzwanzigstes Kapitel. Apparate, Rauchfänger und Ateliers für Magnesiumblitzlicht. — Verschiedene Anwendungen des Magnesiumblitzlichtes 584
Neunundzwanzigstes Kapitel. Verbrennungsdauer und Flammenform von Blitzlichtgemischen 607
Dreißigstes Kapitel. Aktinometrie der photographischen Lichtintensität künstlicher Lichtquellen 615
Einunddreißigstes Kapitel. Die spektrale Zusammensetzung des von verschiedenen Bogenlampen ausgesendeten Lichtes 632
Nachtrag 641
Autoren-Register 645
Sach-Register 653
Druckfehler-Verzeichnis 676

SLUB Wir führen Wissen.
gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

ERSTES KAPITEL.

SPEKTRALANALYSE UND SPEKTRUM-PHOTOGRAPHIE.

Literatur. Es sollen nur einige Werke angeführt werden: Marshall Watts, „On introduction to the study of Spectrum-Analysis". London 1904. — Formanek, Die qualitative Spektralanalyse anorganischer Körper. Leipzig (2. Aufl.) 1905; Formanek, Spektralanalytischer Nachweis künstlicher organischer Farbstoffe. 2. Aufl. 1908. — L. Grebe, „Spektroskopie" (aus „Natur- und Geisteswelt", 1910). — Emil Baur, Kurzer Abriß der Spektroskopie und Kolorimetrie. Leipzig 1907. — Baly, „Spektroskopie", deutsch von Wachsmuth (Berlin 1908). — Eder u. Valenta, Beiträge zur Photochemie und Spektralanalyse. Wien 1904; Eder u. Valenta, Atlas typischer Spektren. Wien 1911. — K. Schaum, Photochemie und Photographie. Leipzig 1908. — Insbesondere das äußerst umfassende grundlegende Werk: A. Kayser, Handbuch der Spektroskopie. Leipzig 1900 bis 1910 u. ff.

Das zur Erde gelangende „weiße" Sonnenlicht besteht keineswegs aus einer einzigen Sorte von Lichtstrahlen von bestimmter Wellenlänge und Schwingungszahl (vgl. Bd. I, zweiter Teil, 3. Aufl. dieses Werkes), sondern es ist aus Lichtstrahlen verschiedener Wellenlänge zusammengesetzt, welche teils dem menschlichen Auge sichtbar sind und die Regenbogenfarben von Rot bis Violett aufweisen,[1]) teils unsichtbar sind;

---

1) Die Grenze des sichtbaren Spektrums nimmt man gewöhnlich an der Grenze des Violett bei der Fraunhoferschen Linie K an, jedoch kann man mit lichtstarken Spektralapparaten noch etwas ultraviolettes Licht als Lichtschimmer mit freiem Auge wahrnehmen. Nach Widmark ist die Ausdehnung des sichtbaren Spektrums für verschiedene Individuen ungleich. Die Grenze liegt aber gewöhnlich innerhalb der Fraunhoferschen Linien L bis M und erstreckt sich selten außerhalb dieser Linien. Die Strahlen werden direkt, und nicht infolge Fluoreszenz wahrgenommen. Sie werden besser exzentrisch als zentral wahrgenommen. — Ältere Leute sind für die Strahlen weniger empfindlich als jüngere; der Unterschied wird im Alter über 55 Jahre recht merkbar. Nach dem 64. Jahr tritt die Grenze ins violette Licht zurück. — Die geringe Empfindlichkeit des Auges für die ultravioletten Strahlen wird hauptsächlich durch die starke Absorption der Strahlen in der Kristallinse erklärt. Für Staroperierte wird der sichtbare Teil des Spektrums bedeutend verlängert. Die Grenze schwankt zwischen λ 340 und λ 370; sie ist durch die Absorption der Hornhaut bestimmt („Beibl. Wiedem. Annal." 1898).

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

jenseits des Rot schließen sich im Spektrum als unsichtbare Lichtstrahlen die infraroten oder ultraroten Strahlen längerer Wellenlänge, jenseits des Violett (als ultraviolettes Licht) die Strahlen kürzerer Wellenlänge an; alle diese Arten der strahlenden Energie vermögen bald größere, bald geringere chemische und photographische Wirkungen auszuüben, wobei es aber nicht nur auf die Wellenlänge und Intensität des einfallenden Lichtes als Agens, sondern auch auf die Beschaffenheit der belichteten Substanz als Reagens ankommt.

Die Wellenlänge des Lichtes wird entweder in Millionstel Millimeter = $\mu\mu$ angegeben oder häufiger der 10. Teil dieser Einheit gewählt, das ist die Ångströmsche Einheit = Å. E. (der zehnmillionste Teil eines Millimeters). Die Natriumlinie *D* hat danach die Wellenlänge 589 $\mu\mu$ oder 5890 Å. E.

Trifft weißes Licht auf die Oberfläche eines Körpers, so wird es teils (entsprechend seinem selektiven Absorptionsvermögen) absorbiert, teils reflektiert, bei durchsichtigen Stoffen auch zum Teil durchgelassen. Die reflektierten Lichtstrahlen erscheinen farbig, wenn gewisse Strahlenarten des weißen Lichtes absorbiert und andere mit der ihnen zukommenden Farbe reflektiert werden; stets ist mehr oder weniger weißes Licht beigemengt.

Für die Photographie ist die Kenntnis der chemischen Wirkung verschiedenfarbigen Lichtes auf die sensible Schicht von Wichtigkeit.

Auf gewöhnliche photographische Platten (Brom-, Jod- und Chlorsilber) wirken nicht sämtliche Bestandteile des weißen Lichtes gleichmäßig ein, sondern in der Regel kommt den stärker brechbaren (blauen, violetten, ultravioletten) Lichtstrahlen eine größere photographische Wirksamkeit zu als den roten und gelben Lichtstrahlen. Dagegen äußern die roten und gelben Strahlen auf gewisse lichtunechte Farbstoffe (z. B. viele grüne und blaue Farbstoffe) eine stärkere, bleichende Wirkung als anders gefärbtes Licht. Es hängt dies mit dem Absorptionsvermögen der lichtempfindlichen Schichten gegen Licht von verschiedener Wellenlänge zusammen (s. Bd. I, zweiter Teil, 3. Aufl., S. 41), indem nur jene Lichtstrahlen photochemische Veränderungen eines Körpers verursachen können, welche von diesem verschluckt werden.

Die photochemische Wirkung des weißen Tageslichtes auf photographische Platten und andere lichtempfindliche Schichten kann nur dann genau verfolgt und sichergestellt werden, wenn man die Wirkung der verschiedenfarbigen Komponenten des gemischten weißen Tageslichtes auf die lichtempfindliche Schicht studiert.

Es ist sehr schwierig, mittels farbiger Gläser oder Flüssigkeiten (in entsprechenden durchsichtigen Trögen) hinlänglich reine Farben aus weißem Lichte auszuscheiden.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Verbindung verschiedener absorbierender Substanzen zur Erzeugung ziemlich homogenen Lichtes.

Schaltet man Tröge gefüllt mit passenden Substanzen in passender Konzentration und passender Schicht dicht hintereinander, so erhält man ziemlich homogenes farbiges Licht (man nennt solche Vorrichtungen mit Landolt Strahlenfilter).

Beispiele nach Landolt:

Farbe	Dicke der Schicht in mm	Wässerige Lösungen von	g Substanz in 100 ccm Lösung	Opt. Schwerpunkt in $\mu\mu$
Rot	20	Kristallviolett, 5 BO	0,005	665,9
	20	Kaliummonochromat	10	
Gelb	20	Nickelsulfat, $NiSO_4 + 7$ aq.	30	591,9
	15	Kaliummonochromat	10	
	15	Kaliumpermanganat	0,025	
Grün	20	Kupferchlorid, $CuCl_2 + 2$ aq.	60	533,0
	20	Kaliummonochromat	10	
Hellblau	20	Doppelgrün, SF	0,02	488,5
	20	Kupfersulfat, $CuSO_4 + 5$ aq.	15	
Dunkelgrün	20	Kristallviolett, 5 BO	0,005	448,2
	20	Kupfersulfat	15	

(Wiedemann und Ebert, Phys. Praktikum, 4. Aufl., 1899, S. 320.)

Das prismatische Spektrum.

Die einfachste Methode, die verschiedenen Farben, aus denen das weiße Licht zusammengesetzt ist, zu isolieren, besteht darin, einen Sonnenstrahl (s) auf eine der Flächen eines Prismas (A) von Glas fallen zu lassen (Fig. 1).

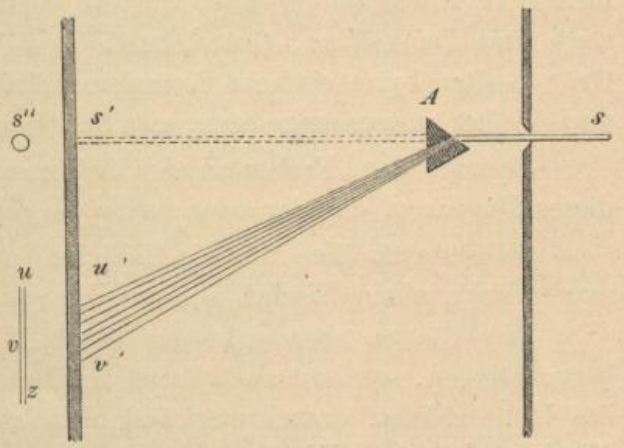


Fig. 1. Entstehung des prismatischen Spektrums.

In dem Prisma werden die Lichtstrahlen verschiedener Wellenlänge verschieden gebrochen, indem die Brechbarkeit des Lichtes mit abnehmender Wellenlänge wächst.

Infolge der Brechung wird der ursprüngliche Strahl zerlegt, d. h. von seiner ursprünglichen Richtung $s\,s'$ abgelenkt und obendrein in eine Reihe von Farben geteilt, welche hinter dem

Prisma ein Farbenband $u'v'$ geben, welches man Spektrum (Sonnenspektrum, wenn es vom Sonnenlicht stammt) nennt. Weil dieses Spektrum durch Brechung (Refraktion) mittels des Prismas erhalten wurde, heißt es prismatisches oder Refraktionsspektrum (s. Tafel I).

Dieses Spektrum besteht, wenn man von oben anfängt, aus folgenden Farben: Rot, Orange, Gelb, Grün, Blau, Indigo, Violett (die bekannten Regenbogenfarben). Das Rot, welches längere Wellenlänge besitzt und weniger abgelenkt wird als das Violett, wird weniger brechbar genannt; die blauen und violetten Strahlen (Strahlen von kürzerer Wellenlänge) bezeichnet man als die stärker brechbaren Lichtstrahlen (vgl. Bd. I, zweiter Teil, S. 4).

Die Zerlegung des weißen oder überhaupt des zusammengesetzten Lichtes nennt man die Farbenzerstreuung oder Dispersion. Der Unterschied der Brechungsverhältnisse für zwei verschiedene Farben wird Dispersionsvermögen genannt. Die Spektralfarben sind nicht mehr weiter durch Brechung zerlegbar und also in diesem Sinne physikalisch „einfache“ oder „homogene“ Farben oder „monochromatisches“ Licht.

Werden sämtliche farbigen Strahlen des Sonnenspektrums durch geeignete Sammellinsen oder Prismen wieder vereinigt und auf einen weißen Schirm geworfen, so mischen sie sich zu einem weißen Lichtfleck (additive Farbenmischung). Überdies aber gibt es zu je einer Spektralfarbe eine zweite, die ebenfalls mit ihr zusammen Weiß gibt; zwei Farben, welche sich zusammen zu Weiß ergänzen, nennt man „Ergänzungsfarben“ oder „Komplementärfarben“. Komplementär untereinander sind Rot und Blaugrün, Orange und Hellblau, Gelb und Dunkelblau, Grünlichgelb und Violett. Nur das spektrale Grün besitzt keine einfache Komplementärfarbe, sondern eine aus Rot und Violett zusammengesetzte, nämlich Purpurrot.

Je nach dem Farbenton der beiden zu mischenden Farben wird dieses Purpurrot dunkler oder heller — bis zu rosenroten Nuancen.

Selbstverständlich übt die Helligkeit der einzelnen Farben, welche man mischt, einen Einfluß aus auf die resultierende Mischfarbe.

Wir können aber nicht nur durch Mischen zweier Farben Weiß hervorbringen, sondern auch durch Mischen von drei Farben. Z. B. gibt das Licht grüner, orangeroter und blauvioletter Gläser beim additiven Mischen gleichfalls Weiß.

Mischt man zu den Spektralfarben weißes Licht, so verblassen sie; die Farben erscheinen umso gesättigter, je weniger Weiß ihnen beigemengt ist. Im reinen Spektrum soll diffuses weißes Licht ganz fehlen.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Über die Veränderungen der Farben des Spektrums durch Vermischen mit weißem Lichte s. Abney (Proceed. Royal Soc. London 1909, Bd. 83, S. 120; The Phot. Journ. Dez. 1909).

Um ein reines Spektrum herzustellen, bedient man sich der Spektralapparate; sind dieselben so eingerichtet, daß man das Spektrum photographieren kann, so nennt man sie „Spektrographen" oder „Photospektrographen".

Da derartige Spektralapparate für den Photochemiker und Reproduktionsphotographen von großem praktischen Wert sind, so sollen einige Formen derselben weiter kurz erwähnt werden.

Das Spektrum des von einem leuchtenden Körper ausgesandten Lichtes heißt sein Emissionsspektrum. Wird ein schwarzer Körper stark erhitzt, so kommt er zuerst in Rotglut, dann bei steigender Hitze in Gelb- und Weißglut. Mit steigender Temperatur wächst nicht nur die Helligkeit des ausgesandten Lichtes überhaupt, sondern es wird viel reicher an kurzwelligen (stärker brechbaren) Strahlen je höher die Temperatur ist. So z. B. strahlt der Kohlenfaden einer elektrischen Glühlampe bei schwachem Strom gelbliches Licht aus, bei starkem Strom weißes bis bläulichweißes Licht.

Die Abhängigkeit der Lichtstrahlung von der Temperatur wird durch das Stefansche Gesetz dargestellt, welches besagt, daß die Gesamtemission eines schwarzen Körpers beim Erhitzen mit der 4. Potenz seiner absoluten Temperatur wächst. Unter absoluter Temperatur ist dabei die vom absoluten Nullpunkt —273° C aus in Celsiusgraden gemessene Temperatur zu verstehen, die also immer um 273° C größer ist als die entsprechende Temperatur der gewöhnlichen Celsiusskala. Komplizierter ist die Abhängigkeit der Emission des farbigen Lichtes von der Temperatur, d. i. die Beziehung, die angibt, wie groß bei einer bestimmten Temperatur die emittierte Energie für eine bestimmte Wellenlänge ist (Gesetz von Wien und Plank, s. die kurze Schilderung von L. Grebe, „Spektroskopie" — Aus Natur und Geisteswelt. Leipzig, Teubner, 1910).

Auf Grund der Strahlungsgesetze ist auch die Bestimmung hoher Temperaturen auf optisch-spektrometrischem Wege möglich (vgl. E. Liebenthal, Praktische Photometrie. Braunschweig 1907).

Untersucht man das Licht weißglühender fester Körper, z. B. einer elektrischen Glühlampe oder von weißglühendem Platin oder anderen festen Metallen (auch geschmolzenem Platin usw.), so erhält man ein zusammenhängendes Farbenband von Rot bis Violett, ein sog. kontinuierliches Spektrum.

Glühende Gase oder Dämpfe geben in der Regel schöne, von mehr oder weniger zahlreichen farbigen Linien gebildete „Linienspektren", z. B. die Quecksilberdampflampe, das Licht der durch gewisse Metallsalze gefärbten Weingeist- oder Bunsenschen Leuchtgasflamme, das Licht der Effektbogenlampe, deren Kohlenstifte Kalk-, Strontium- oder

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Bariumsalze enthalten. Das Spektrum des elektrischen Kohlenbogenlichtes ist, soweit es von der weißglühenden festen reinen Kohle ausgeht, der Hauptsache nach kontinuierlich, während der zwischen den Kohlenelektroden sich bildende Flammenbogen Linien und Bandenspektren zeigt.

Läßt man weißes Licht durch durchsichtige gefärbte Gläser, Gelatinefolien, Farbstofflösungen oder dergl. hindurchgehen, so werden hierbei einzelne Farbenstrahlen geschwächt oder zurückgehalten (absorbiert) und nur der Rest wird durchgelassen. Die Art und Intensität der Lichtstrahlen, welche durchgelassen werden, sind für die Farbe durchsichtiger Körper sowie für die photographische Wirksamkeit des durchgelassenen Lichtes maßgebend. Die Spektren, welche durch Einschalten einer lichtabsorbierenden Schicht (z. B. farbige Gläser usw.) zwischen Lichtquelle und Spektralapparat entstehen, nennt man Absorptionsspektren.

Die Absorptionsspektren zeigen, welche Lichtarten das Medium verschluckt hat.

Sie sind wichtig für die Kenntnis der verschiedenen Gelbscheiben für orthochromatische Aufnahmen, für die Lichtfilter zur Herstellung von Dreifarbenphotographien, für die Wahl der Dunkelkammerfenster usw., sowie für das Studium zahlreicher Lichtreaktionen.

Um ein reines prismatisches Spektrum zu erzeugen, läßt man die Strahlen zuerst durch einen schmalen Spalt in ein Rohr treten, welches am anderen Ende eine Sammellinse trägt; der Brennpunkt der Linse muß in den Spalt fallen, um die vom Spalt ausgehenden Lichtbündel parallel zu machen; das Licht passiert dann ein Prisma oder eine Kombination mehrerer Prismen und wird zu einem Spektrum zerlegt. Das Spektrum wird dann durch ein Fernrohr betrachtet oder mittels eines photographischen Objektives zur photographischen Aufnahme gebracht. Das Fernrohr soll den Spalt deutlich erkennen lassen, muß also auf Parallelstrahlen (d. i. auf „Unendlich“) eingestellt sein. Gewöhnlich gibt man dem Prisma die Stellung, in welcher das Spektrum am wenigsten abgelenkt ist („Minimum der Ablenkung“).

Zur Orientierung im Spektrum und zum Eichen der Skala dient Licht einer mit Wasserstoff gefüllten Geißlerschen Röhre, welche mehrere charakteristische Linien aussendet, z. B. im Rot, Grün und Violett (H_α mit der Wellenlänge 6563 Å. E., $H_\beta = 4861$, $H_\gamma = 4340$); ferner die durch Lithiumsalze rot gefärbte Bunsenflamme ($\lambda = 6104$), die gelbe Natriumflamme (Doppellinie $\lambda = 5896$ und 5890), die grüne Thallium-

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

flamme ($\lambda = 5351$), die blaue Linie im Strontiumflammenspektrum ($Sr = 4608$); ferner das mittels kräftiger Ruhmkorffscher Induktionsapparate unter Einschaltung von Leydenerflaschen erhaltene Funkenspektrum des metallischen Magnesiums, Cadmiums, Zinks, Calciums, Thalliums; ferner das im elektrischen Flammenbogen erhaltene „Bogenspektrum" der Metalle; dann die Quecksilberdampflampe usw. — Wer über Geißlersche Röhren verfügt, wird derartige Spektralröhren nicht nur mit Wasserstoff, sondern auch mit Helium oder Argon mit Erfolg zur Wellenlängeneichung von Spektralapparaten benutzen können.

Die photographische Wirkung des farbigen Lichtes auf photographischen Platten wird häufig unter Anwendung des Sonnenlichtes studiert und die Farbenempfindlichkeit der Präparate auf das Sonnenspektrum bezogen.

Allerdings darf man nicht übersehen, daß die qualitative Zusammensetzung des Sonnenlichtes bei seinem Durchgang durch die Atmosphäre, insbesondere durch Feuchtigkeit (Wasserdampf), Wolken und Nebel, beeinflußt wird und z. B. die relative Helligkeit der orangeroten, grünen und blauvioletten Strahlen im Sonnenlichte mit dem meteorologischen Verhältnis der Sonnenhöhe und der Dicke der Luftschichten mehr oder weniger schwankt.

Das Spektrum des Sonnenlichtes erscheint in der Hauptsache als Farbenband, das alle Farben in ihren zahlreichen Übergängen aufweist; bei genauerer Betrachtung zeigt sich das Sonnenspektrum jedoch durchzogen von einer Anzahl mehr oder weniger kräftiger dunkler Linien, welche zuerst Fraunhofer (1814) näher untersuchte und ihre Lage im Spektrum genau bestimmte; man nennt sie nach ihm Fraunhofersche Linien.

Fraunhofer hat die stärksten und auffallendsten dieser Linien mit Buchstaben A bis H bezeichnet; sie dienen zur Ortsbestimmung im Spektrum, falls man nicht vorzieht, ziffernmäßige Wellenlängenangaben zu machen.

Die Fraunhoferschen Linien entsprechen zum teil Absorptionslinien von Elementen, die in der Sonnenatmosphäre vorhanden sind, ein anderer Teil (so A und B) rührt von der Absorption in der Erdatmosphäre her.

Die Fraunhoferschen Linien entstehen folgendermaßen: Das Sonnenlicht wird von einem weißglühenden, festen oder flüssigen Kern ausgesendet (emittiert); dieser Kern ist von einer Hülle glühender Gase oder Metalldämpfe (der „Photosphäre") umgeben, welche alle jene Strahlen absorbiert, welche sie selbst aussenden würden. Hierbei entspricht die Fraunhofersche D-Linie des Sonnenspektrums dem Natrium,

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

die orangefarbige C-Linie und die F-Linie im Grünblau dem Wasserstoff, die HK-Doppellinie dem Calcium, mehrere tausend feine Linien in allen Teilen des Spektrums kommen dem Eisen zu usw.

Auch im ultravioletten und infraroten Teile des Sonnenspektrums finden sich zahlreiche Linien: Draper, Mascart und Cornu bezeichneten die markantesten Linien im Ultraviolett mit den Buchstaben L bis T und U; während der infrarote Teil des Sonnenspektrums mit X, Y, Z und griechischen Buchstaben bezeichnet wird (s. Bd. I, Abt. 2, S. 7).

Folgende Tabelle enthält die wichtigeren Fraunhoferschen Linien und ihre Zugehörigkeit zu den verschiedenen Elementen nach Rowland.[1])

Fraunhofersche Linien	Farbe	Wellenlänge	Element
A	Rot	7594	Sauerstoff der Luft
a	Rot	7186	" " "
B	Rot	6867 (Band)	" " "
C	Hellrot	6563	Wasserstoff
α	Orange	6278	Sauerstaff der Luft
D_1	Gelborange	5896	Natrium
D_2	Gelborange	5890	"
E	Grün	5270	Eisen
b_1	"	5184	Magnesium
b_2	"	5173	"
b_3	"	5169	Eisen
b_4	"	5168	Magnesium
F	Hellblau	4861	Wasserstoff
d	Blau	4384	Eisen
f	"	4326	"
G	Indigoblau	4308	Calcium
g	"	4227	"
H	Violett	3969	"
K	Grenze	3934	"
L	Ultraviolett	3821	Eisen
		3816	
M	"	3728	"
N	"	3581	"
O	"	3441	"
P	"	3361	"
Q	"	3287	Calcium
R	"	3180	Eisen
S	"	3100	"
T	"	3021	"
U	"	2948	"

1) Henry A. Rowland, A preliminary Table of Solar Spectrum Wave-Lengths, Chicago 1898.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Eine andere Tabelle über die Verteilung der Farben im Sonnenspektrum gab J. B. Listing:

	Grenze . . .	819,8 $\mu\mu$		Grenze . .	491,9 $\mu\mu$
Braun	Mitte. . . .	768,6 „	Cyanblau	Mitte . . .	473,0 „
	Grenze . . .	723,4 „		Grenze . .	455,5 „
Rot	Mitte . . .	683,2 „	Indigo	Mitte . . .	439,2 „
	Grenze . . .	647,2 „		Grenze . .	424,0 „
Orange	Mitte. . . .	614,9 „	Violett	Mitte . . .	409,9 „
	Grenze . . .	585,6 „		Grenze . .	396,7 „
Gelb	Mitte. . . .	559,0 „	Lavendel	Mitte . . .	384,3 „
	Grenze . . .	534,7 „		Grenze . .	372,6 „
Grün	Mitte. . . .	512,4 „			

In sehr bedeutenden Bergeshöhen und bei hohem Sonnenstande reicht das Sonnenspektrum noch weiter ins kurzwellige Ultraviolett, weil die absorbierende Wirkung der dünnen Luftschichten geringer wird.

Mit Glaslinsen reicht das Sonnenspektrum meistens nur bis etwa λ 3400 bis 3370 Å. E., weil das Glas selbst stark absorbierend für Ultraviolett wirkt (s. u.). Aber auch die atmosphärische Luft schwächt das Ultraviolett beträchtlich, wie man mit Bergkristall-(Quarz-)Apparaten nachweisen kann, welche ihrerseits das Ultraviolett nicht schwächen.

Mit der abnehmenden Dicke der Luftschicht vermindert sich deren absorbierende Wirkung, welche sich namentlich im Ultraviolett äußert, und es gelangen kurzwellige ultraviolette Strahlen in reichlicherer Menge zur Erde, als wenn das Sonnenlicht sehr dicke Luftschichten (selbst bei heiterem Himmel) passieren muß. Deshalb ist das Sonnenlicht auf hohen Bergen reicher an Ultraviolett als in der Ebene und zwar rückt das Spektralband im Ultraviolett um eine Länge von ein Millionstel Millimeter Wellenlängen des Lichts pro 660 m Luftschicht vor (Cornu).

Simony photographierte mit einem Quarzspektrographen mit drei Prismen das äußerst ultraviolette Sonnenspektrum auf dem 3700 m hohen Berge Pic de Tyde auf den Kanarischen Inseln. Er erreichte als äußerste Grenze des Sonnenspektrums die Wellenlänge λ 2922 (Kayser, Spektroskopie I, S. 117). Die Untersuchungen Miethes und Lehmanns (mit Kalkspatprisma und Quarzlinsen) in großen Höhen ergaben ähnliche Grenzwerte, indem die kürzeste beobachtete Wellenlänge ungefähr bei λ 2912 lag (Jahrb. f. Phot. 1909, S. 251).

Die Grenzen der einzelnen Farben werden von den Physikern sehr verschieden angegeben. Dies ist teils der individuellen Verschiedenheit der Absorption der blauen Farben durch das Pigment des gelben Flecks der Netzhaut, teils der Verschiedenartigkeit der sogenannten

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Grundempfindungen zuzuschreiben. Die nachstehende Tabelle enthält diese Angaben nach Pilgrim.

Wellenlängen der Hauptfarben und der Farbengrenzen.

Farbe	Wellenlänge in $\mu\mu$ nach							
	Newton[1]	Young[2]	Fraunhofer[3]	Helmholtz[4]	v. Bezold[5]	Pillsbury[6]	Erdmann[7]	Pilgrim
	645	676	—	—	—	—	820	—
Rot	—	650	—	—	—	659	—	—
	596	625	633	—	627	—	608	620
Orange	—	610	—	620	—	609	—	—
	571	597	590	—	582	—	592	590
Gelb	—	577	—	575	—	577	—	—
	—	—	—	—	565	—	585	570
Gelbgrün	532	556	556	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	547	—	575	550
Grün	—	536	—	522	—	517	—	—
	—	—	—	—	499	—	515	510
Blaugrün	492	516	517	506	—	—	—	—
	—	—	—	486	485	—	495	490
Cyanblau	—	498	—	—	—	—	—	—
	459	480	482	467	473	470	—	470
Ultramarinblau (Indigo)	—	470	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	442	—	468	450
Blauviolett	439	460	452	431	—	—	—	—
	—	—	—	—	411	—	457	430
Violett	—	442	—	—	—	422	—	—
	406	424	—	390	—	—	390	—

Helligkeit der einzelnen Bezirke des Sonnenspektrums.

Wird die Gesamtlichtstärke des Sonnenspektrums = 1000000 gesetzt, so kommen nach Vierordt auf die einzelnen Hauptbezirke des

1) Newton, Optice Lib. II. 2. 173. Die Wellenlängen sind aus Newtons Beobachtungen der Farben dünner Blättchen abgeleitet.

2) Philos. Trans. L. R. S. 1802, p. 39.

3) Vgl. Mousson, Dr. A., Die Physik auf Grundlage der Erfahrung. Zürich 1872, Bd. II, p. 336, Fig. 433. Das dort abgebildete Spektrum erstreckt sich von $\lambda = 722$ bis $\lambda = 392$. Vgl. Mascart I, Taf. I, Fig. 1.

4) Physiol. Optik, 2. Aufl, S. 278 (1896). Die oben angegebenen Zahlen sind zum teil interpoliert.

5) Pogg. Annal. Bd. 150, S. 241 und Taf. I, Fig. 4 (1873).

6) Science (2), 6, S. 89 bis 91, (1897).

7) Naturwissensch. Rundschau XIII. S. 465 (1898).

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

prismatischen Spektrums nach Maßgabe ihrer mittleren Lichtstärke und ihrer Breite folgende Anteile:

Spektralbezirk	Lichtstärke	Spektralbezirk	Lichtstärke
$A-a$	72	$D-E$	478544
$a-B$	1592	$E-F$	186143
$B-C$	4114	$F-G$	36190
$C-D$	288957	$G-H$	4383

Nach A. König ist Farben- und optische Helligkeitsverteilung im normalen Spektrum (Interferenzspektrum) des Sonnenlichts folgende[1]):

Nr.	Farbe	Wellenlänge (λ) der Farbe $\mu\mu$	Wellenlänge (λ) der Farbengrenze $\mu\mu$	Helligkeit	Lichtmenge	Helligkeit nach Fraunhofer
1	Rot	663	625*	0,08	0,091*	0,05
2	Orange	610		0,76	0,147*	0,30
3	Gelb und Gelbgrün	575	600*	1	0,396*	0,90
4	Grün und Blaugrün	526	550	0,64	0,303	0,59
5	Cyanblau und Indigo	472	490	0,12	0,038	0,20
6	Blauviolett	440	450	0,07	0,013	0,09
7	Violett	420	430	0,04	0,012	0,04

Ganze Lichtmenge = 1,000.

* Verlegt man die Grenzen Rot-Orange und Orange-Gelb nach $\lambda = 620$ bezw. 590, so sind die Lichtmengen 0,091, 0,147 und 0,396 durch 0,113, 0,200 und 0,321 zu ersetzen.

Relative Helligkeit der Farbenbezirke einiger Lichtquellen.

(Nach Köthgen.)

Wird die Helligkeit der Hefnerschen Amylacetat-Lampe als Einheit gesetzt, so ergeben sich die relativen Helligkeiten (optisch) der farbigen Spektralbezirke anderer Lichtquellen. Ist L die Helligkeit irgend einer Lichtquelle und H dieselbe der Hefner-Lampe und wird das Verhältnis der Helligkeit der gelben Strahlen (bei der Fraun-

1) Vgl. A. König, Über den Helligkeitswert der Spektralfarben bei verschiedener absoluter Intensität. Helmholtz-Festschrift. Hamburg 1891. (Nach Pilgrim, Aufgaben der Wellen- und Farbenlehre des Lichts.)

hoferschen Linie $D = 590\,\mu\mu$), d. i. $\frac{L590}{H590} = 1$, so ergibt sich folgende Tabelle für $\frac{L\lambda}{H\lambda}$, worin λ eine variable Wellenlänge des Lichts bedeutet.

λ	Solaröl-brenner	Gas-Flach-brenner	Siemens Präzisions-brenner	Auersches Gas-glühlicht	Blauer Himmel	Weiße Wolken	Sonne
$690\,\mu\mu$ (Rot)	1,026	0,9921	0,968	0,4890	0,206	0,365	0,306
$590\,\mu\mu$ (Gelb)	1	1	1	1	1	1	1
$530\,\mu\mu$ (Grün)	0,997	1,020	1,066	1,956	3,494	2,946	2,537
$490\,\mu\mu$ (Blau)	1,008	1,041	1,126	2,694	9,411	6,652	5,559
$430\,\mu\mu$ (Violett)	1,046	1,091	1,236	3,565	61,63	30,73	19,180
Absolute Intensität in Hefner-Einheiten	22	8—10	37	60	—	—	—

Nach der Ansicht von Young und Helmholtz ist unser Auge nur für dreierlei Art von Licht empfänglich, und zwar für ein Rot, ein Grün und ein Blau, welchen die Wellenlängen von etwa 665 bezw. 506 und 482 $\mu\mu$ entsprechen. Die Empfindungen, welche diese drei Farben in unserem Auge erregen, nennt Helmholtz die Grundempfindungen, und er denkt sich die Empfindung, welche irgend eine andere Farbe in uns erweckt, aus diesen drei Grundempfindungen gewissermaßen zusammengesetzt.

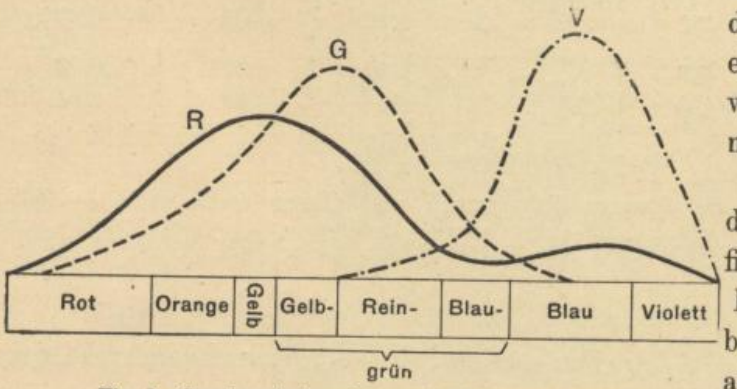


Fig. 2. Grundempfindungskurven des Sonnenspektrums im menschlichen Auge.

In welcher Weise diese Mischung stattfindet, ist aus den von König-Dieterici, bezw. von F. Exner angefertigten Grundempfindungskurven (s. Fig. 2) zu ersehen.

Die Kurven drücken die Intensitäten aus, in welchen die gesättigt angenommenen Grundfarben Rot, Grün und Violett zu mischen sind, damit die Empfindung der Spektralfarben hervorgebracht wird. Die Kurve R entspricht den Intensitätsverhältnissen der roten, die Kurven G und V jenen der grünen und violetten Grundfarbe.[1])

1) Vgl. Grünberg, Gleichung zur Berechnung der Wellenlängen zweier komplementärer Farben (Jahrb. f. Phot. 1905. S. 83).

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Schwankungen der spektralen Zusammensetzung des Tageslichtes mit der Sonnenhöhe.

Setzt man die Intensität des Sonnenlichtes, bevor es die Atmosphäre passiert, für jede Farbe = 1000, so erleidet es die in nachstehender Tabelle nach Lord Rayleigh (Philos. Trans.) zusammengestellte Schwächung, welche am stärksten die kurzwelligen Lichtstrahlen trifft.

	1 Atm. oder 90° Sonnenhöhe	2 Atm. oder 30° Sonnenhöhe	3 Atm. oder 19° 30′ Sonnenhöhe	8 Atm. oder 7° 30′ Sonnenhöhe
Rotes Licht (nächst der Fraunhoferschen Linie *B*)	945	855	795	550
Orange (bei *C*)	910	835	760	480
Gelborange (bei *D*) . . .	865	755	655	325
Grün (bei *E*)	805	645	520	170
Blau (bei *F*)	735	545	405	85
Violett (bis *H*)	510	250	120	0

Man entnimmt dieser Tabelle, daß bei hohem Sonnenstande von 1000 Teilen einfallenden roten Lichtes 945 Teile die Atmosphäre passieren; vom Violett 510 Teile. Bei 30° Sonnenhöhe aber wird das Violett auf 250 Teile vermindert, während vom Rot viel mehr (nämlich 855 Teile) durchdringen. Oder mit anderen Worten: Bei der Sonnenhöhe von 90° gehen vom Rot nur 9 %, vom Violett 49 % verloren; bei 30° Sonnenhöhe gehen 15 % Rot und 75 % Violett verloren, und bei noch niedrigerem Sonnenstande kann das Violett ganz ausgelöscht werden und es erscheint das Licht der untergehenden Sonne gelbrot. — Diese Zahlen gelten für normale Absorption des Lichtes in atmosphärischer Luft. Anwesenheit von Wasserdampf, Nebel, Staub usw. ändert die Absorptionsverhältnisse.

Bei Aufnahmen für Zwecke der Dreifarbenphotographie unter Vorschaltung von Orange-, Grün- und Blauviolett-Lichtfiltern ergeben sich Schwankungen in der relativen Belichtungszeit, über welche folgende Tabelle (nach Eder) Aufschluß gibt (s. Eder und Valenta, Beiträge zur Photochemie und Spektralanalyse IV, S. 30). Eine panchromatische Trockenplatte erforderte z. B. folgende Belichtungszeiten:

	Relative Belichtungszeiten hinter		
	Rotfilter	Grünfilter	Violettfilter
Bei sonnigen Landschaften	$2^1/_4$	3	1
Bei nebligem Wetter	$1^1/_2$	3	2

Diese variablen Lichtverhältnisse müssen von praktischen Photographen bei Dreifarbenaufnahmen berücksichtigt werden.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Die ultravioletten Strahlen rufen an fluoreszierenden Stoffen, z. B. Uranglas, Fluoreszenz hervor und machen diese selbstleuchtend. Diese Erscheinung kann man benutzen, um z. B. die kräftigen ultravioletten Linien im Funkenspektrum des Kadmiums oder Zinks (starker Flaschenfunke eines großen Ruhmkorffschen Induktionsapparates) sichtbar zu machen.

Weit sicherer und genauer gelingt die Beobachtung der ultravioletten Strahlen mit Hilfe der Photographie, und zwar werden hierzu die gewöhnlichen Bromsilbergelatineplatten verwendet, obschon auch Jodsilber- und Bromsilberkollodium in Form von nassen Platten oder von Emulsion, sowie Chlorsilbergelatine zu diesem Zwecke dienen können; jedoch übertreffen die Bromsilbergelatineplatten nicht nur im sichtbaren Teil des Spektrums, sondern auch im unsichtbaren Ultraviolett die anderen Plattensorten an Lichtempfindlichkeit.

Die Spektren haben verschiedene Helligkeit in den verschiedenen Farbenregionen, je nachdem sie mittels Prismen oder Gittern erzeugt wurden. Natürlich spielt die Wahl der Lichtquelle eine ebensolche Rolle.[1])

Bei einem durch Prismen erzeugten Spektrum hängt die verhältnismäßige Ausbreitung der Farben von dem Stoffe des Prismas (Kronglas oder Flintglas, Bergkristall, Kalkspat usw.) ab. Dabei erscheinen die langwelligen Strahlen an der roten und gelben Seite des Spektrums mehr zusammengedrängt, die kurzwelligen an der blauvioletten Seite aber mehr auseinandergezogen als den Unterschieden ihrer Wellenlänge entsprechen würde.

Anders und zwar günstiger liegen diese Verhältnisse bei dem durch Beugungserscheinungen an feinen Gittern (System gleichmäßig parallel in Glas oder Metall geritzter gerader, sehr nahe nebeneinanderstehender Linien) zustande kommenden Gitter-, Beugungs- oder Diffraktionsspektrum. Die auf Glas erzeugten Gitter geben Spektren im durchfallenden Lichte, die in spiegelnde Metallflächen geritzten Gitter zeigen die Spektren im reflektierten Lichte; es entstehen rechts und links vom einfallenden Lichtstrahl Spektren, wovon nur das sichtbare Spektrum 1. Ordnung getrennt von den übrigen steht, die höheren Spektren aber greifen ineinander über.

---

1) Eder, System der Sensitometrie, Sitzungsber. d. Kais. Akad. d. Wiss. 1901; Eders Handbuch d. Phot. 1903, 5. Aufl., Bd. III, S. 686. — Chapman Jones (Jahrb. f. Phot. 1909, S. 250).

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Beim Gitterspektrum ist die Ablenkung der einzelnen Strahlengattungen genau proportional ihrer Wellenlänge. Man nennt das Gitterspektrum das „normale" Spektrum.

In Tafel I ist das Sonnenspektrum einerseits im prismatischen, andererseits im Beugungsspektrum abgebildet. Man sieht, daß der rote Spektralbezirk im prismatischen Spektrum enger zusammengedrängt, der blaue Bezirk aber viel weiter auseinandergezogen erscheint als im normalen Gitterspektrum. Die in der Tafel eingezeichneten Buchstaben geben die Fraunhoferschen Linien an.

Da die graphische Darstellung von Spektren mit polychromem Aufdruck der Farbenerscheinung zu umständlich wäre, begnügt man sich in der Regel, bloß die Fraunhoferschen Linien schematisch einzuzeichnen, wie das auch in Fig. 3 geschah.

In Fig. 3 stellt Spektrum *a* das mittels eines kleinen Gitterspektralapparates erhaltene Sonnenspektrum schematisch dar; die Wellenlängen

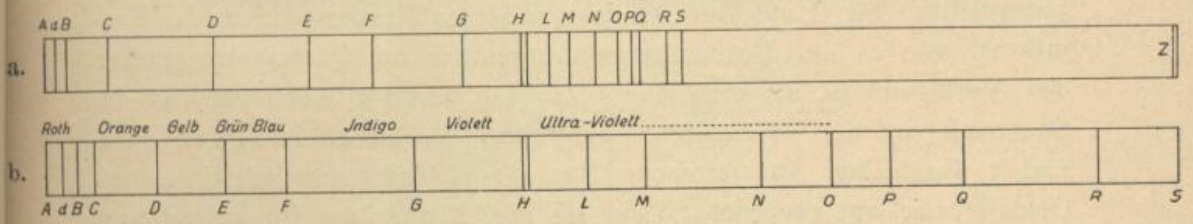


Fig. 3. Schematische Darstellung der Fraunhoferschen Linien.
a) im Gitterspektrum, b) Sonnenspektrum im Prismenspektralapparat.

der verschiedenen Lichtarten sind dem Abstande von dem Bild eines Spaltes *Z* proportional. Man erhält dadurch eine deutliche Vorstellung des Zusammenhanges zwischen der Wellenlänge und den verschiedenen Fraunhoferschen Linien. Das Spektrum *b* in Fig. 3 stellt das mittels eines Quarzspektrographen erhaltene prismatische Sonnenspektrum dar; die Farbenzerstreuung durch das Prisma wächst mit der Abnahme der Wellenlänge sehr rasch, weshalb die Ausdehnung des ultravioletten Spektrums im Vergleich mit dem sichtbaren (von *A* bis *H*) im Quarzspektrographen weitaus länger ist.

Das Sonnenlicht erstreckt sich nicht so weit ins kurzwellige Ultraviolett als manche irdische, künstliche Lichtquelle. Das gewöhnliche Bogenlicht zwischen Kohlen, z. B. das Licht der weißglühenden Kohlenelektroden reicht weit ins Ultraviolett; der elektrische Kohlen-Flammenbogen zeigt helle Bänder im Blau und Violett (Kohlenbänder, Cyanbänder), dann die nie fehlenden Verunreinigungen von Silicium, Bor, Aluminium, Calcium, Natrium usw. Fig. 1 auf Tafel II zeigt die Photographie des Bogenspektrums von gewöhnlichen Kohlenelektroden

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

auf Bromsilbergelatineplatten, wobei die Photographie nur bis ins Blau reicht (Grün bis Rot fehlt im Bilde). Zusatz von Kalkverbindungen färbt die elektrische Flamme gelb (gelbe Effektkohle) und die Spektrumphotographie liefert das Linienspektrum des Calcium (nebst Verunreinigungen), s. Tafel II, Fig. 2. Strontiumverbindungen färben den Flammenbogen rötlich (s. das Strontiumbogenspektrum in Fig. 3 auf Tafel II); Barium gibt mehr weißes Licht und ein charakteristisches Linienspektrum (Tafel II, Fig. 4). Im Spektrum Fig. 5 auf Tafel II sieht man einige charakteristische Aluminiumlinien und Fig. 6 auf Tafel II zeigt das aus wenigen, aber sehr hellen Quecksilberlinien bestehende Emissionsspektrum einer Quecksilberdampflampe, sämtliche nach Photographien mittels eines Gitterspektrographen.

Erzeugt man ein Funkenspektrum zwischen Metallelektroden mittels eines kräftigen Ruhmkorffschen Induktoriums mit Leydenerflaschen, so erstreckt sich die Lichtemission meistens weit ins kurzwellige Ultraviolett. Fig. 1 auf Tafel III zeigt z. B. das Funkenspektrum des Kadmiums, wie es auf Bromsilbergelatineplatten im Quarzspektrographen des Verfassers (s. u.) erhalten wird; bei unserer Abbildung ist das Spektrum von der Wellenlänge 4799 im Blau bis zu λ 2145 im Ultraviolett abgebildet. Der einfache Bau dieses Spektrums macht es zur Orientierung gut geeignet. Tafel III Fig. 2 zeigt das Funkenspektrum des Zinks; Fig. 3 Tafel III jenes des Bleis.

Ein dichteres Liniennetz von leicht zu ermittelnder Wellenlänge gibt das Funkenspektrum einer Legierung von gleichen Teilen metallischem Kadmium, Zink und Blei (sog. Edersche Legierung). Fig. 4 auf Tafel III zeigt dieses Spektrum, und zwar stellt das Spektrum b den Verlauf der Spektralerscheinung im Quarzapparate dar. Würde man Glasplatten oder Glaslinsen anstatt des Quarzes im Spektralapparat einschalten, so würde das halbe ultraviolette Spektrum verschluckt werden (s. u.); jedoch verhalten sich nicht alle Glassorten bezüglich ihrer absorbierenden Wirkung gleich, sondern manche schneiden mehr Ultraviolett ab (z. B. Schwerflint, schwach grünliches Fensterglas), andere weniger (völlig farbloses Crownglas, weißes Leichtflint). Fig. 5 in Tafel III zeigt das sehr linienreiche Funkenspektrum des Eisens, nach einer photographischen Aufnahme des Verfassers mit dem Quarzspektrographen. Die Spektren fast aller Elemente sind in Eder und Valentas „Atlas typischer Spektren", Wien 1911, heliographisch abgebildet.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

ZWEITES KAPITEL.

PRISMEN-SPEKTRALAPPARATE.

Um ein reines Spektrum zu entwerfen, läßt man die Strahlen durch einen schmalen Spalt eintreten, welche Anordnung Fig. 4 zeigt. In einem Rohr (Kollimatorrohr) ist bei A ein Spalt angebracht, welcher sich genau in dem Brennpunkte der achromatischen Kollimatorlinse C

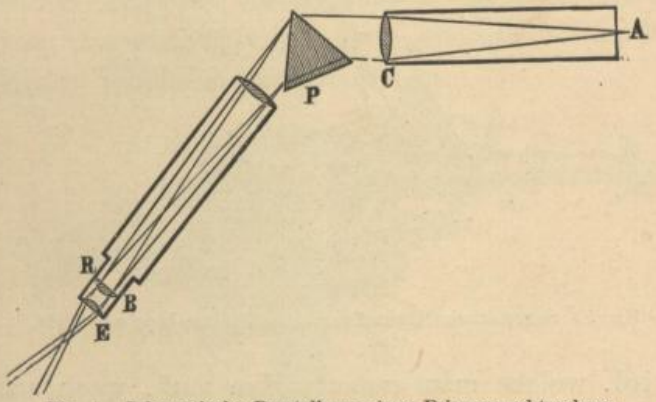


Fig. 4. Schematische Darstellung eines Prismenspektroskops.

befinden muß; P ist das Prisma, welches die von A kommenden Lichtstrahlen bricht, ablenkt und in das Okular E des Fernrohres sendet. Die roten Strahlen, welche vom Spalt kommen, vereinigen sich bei R, die blauen bei B zu einem Punkte und zwischen diesen liegen dann alle anderen Farbenstufen. Um aber mit einem Spektralapparate auch Messungen anstellen zu können, hat man vor allem eine Meßvorrichtung nötig. Die einfachste dieser Meßvorrichtungen nach der Anordnung des Bunsen-Kirchhoffschen Spektralapparates ist die Skala, welche meistens in ein seitliches, mit einer Kollimatorlinse versehenes Rohr an dem Apparate angebracht ist, wie man dies aus der Fig. 5 erkennt. Hier ist S der Spalt, C die Kollimatorlinse, P das 60gradige Prisma, O das Objektiv des Beobachtungsfernrohres, welches im Brennpunkte das Bild VR erzeugt, das endlich durch ein in der Figur weggelassenes

Okular betrachtet wird. Vor der Prismenfläche *DB* ist aber eine andere kleinere achromatische Kollimatorlinse aufgestellt, in deren Brennpunkte sich wieder die Skala *ss* befindet. Durch Reflexion erzeugt jene Prismenfläche von demselben ein im Unendlichen liegendes Bild, dessen Strahlen vom Beobachtungsfernrohre bei *ss* zu einem Bilde vereinigt werden, daß dies mit dem Bilde *VR* des Spektrums in eine Ebene zu liegen kommt und mit dem Okulare gleichzeitig betrachtet werden kann.

Dreht man das Prisma in einem Spektralapparat um seine Achse, so sieht man das Spektrum (oder besser gesagt die Linien des Spektrums) sich dem einfallenden Lichtstrahl (Achse des Kollimators) nähern. Bei weiterem Drehen zeigt sich aber ein Punkt, an welchem es sich wieder davon entfernt, selbst wenn man das Prisma in umgekehrter Richtung bewegt. Es gibt also eine Stelle, die als Minimum der Ablenkung

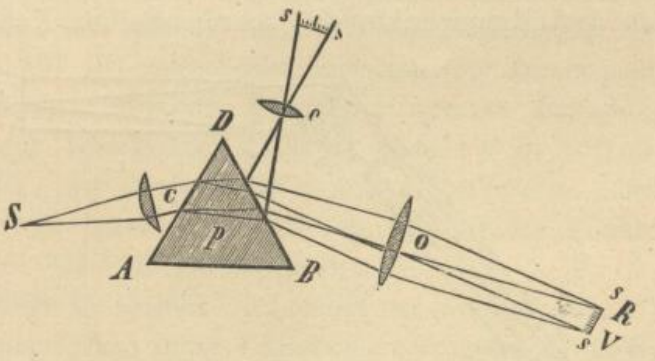


Fig. 5. Schematische Darstellung eines Spektroskops mit Skala.

bezeichnet wird, welche man genau treffen muß, wenn man die beste Leistungsfähigkeit eines Spektralapparates erreichen will.

Bei Apparaten mit einem Prisma und Okularbeobachtung und sichtbarem Spektrum stellt man meistens das Prisma so auf, daß die gelbe *D*-Linie unter dem Minimum der Ablenkung durchgeht. Bei photographischen Versuchen im sichtbaren Teil stellt man meistens auf eine blaue oder violette Linie im Minimum ein, beziehungsweise bei Studien im Ultraviolett am besten auf das Minimum einer der stärkst brechbaren Linien, welche noch in Betracht kommen. Bei Apparaten mit mehreren getrennten Prismen ist die Scharfeinstellung in verschiedene Spektralzonen noch schwieriger. Um alle diese Versuche ausführen zu können, empfiehlt es sich dann, die Prismen um ihre Achse drehbar zu machen oder man benutzt automatische Vorrichtungen.

Einfache Spektralapparate werden in zahlreichen optischen Werkstätten in verschiedenen Ausführungen hergestellt.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Fig. 6 zeigt ein einfaches Prismenspektroskop, welches für Schulzwecke konstruiert und mit einem Flintglasprisma versehen ist, wie es Schmidt & Haensch in Berlin, Krüß in Hamburg u. a. anfertigen. Man sieht das Prisma, rechts das Spaltfernrohr, links das Beobachtungsfernrohr. Das dritte Rohr dient zur Projektion einer Orientierungsskala, welche an der dem Fernrohr zugekehrten Prismenfläche reflektiert und neben dem Spektrum der Beobachtung sichtbar wird.

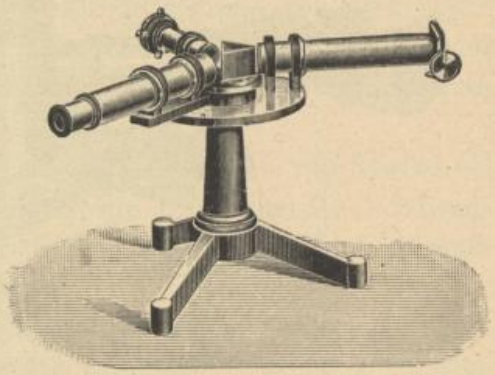


Fig. 6. Einfaches Prismenspektroskop.

Das auf demselben Prinzip beruhende große Spektroskop nach Kirchhoff-Bunsen zeigt Fig. 7 (ausgeführt von Schmidt & Haensch in Berlin). Als Meßvorrichtung dient die Mikrometerschraube m, welche nach dem Anziehen der Klemme k das Fernrohr bewegt. Zur schnellen Orientierung im Spektrum kann eine an der vordern Prismenfläche gespiegelte Wellenlängenskala dienen.

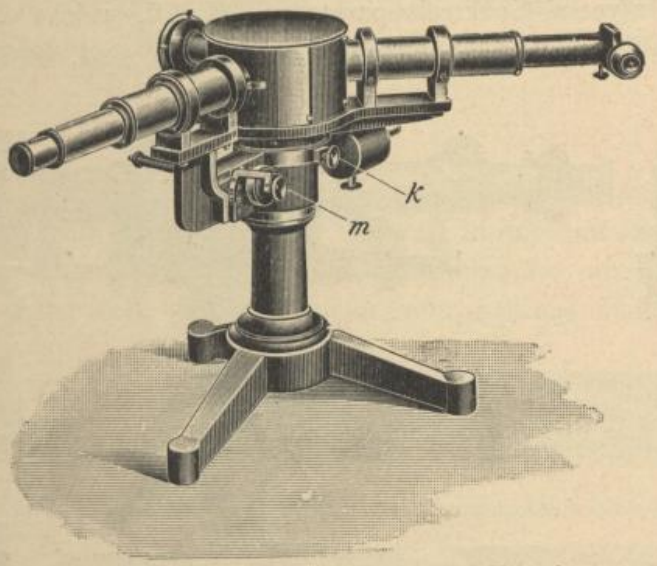


Fig. 7. Großes Spektroskop von Schmidt & Haensch.

Das Spektroskop wird in der Regel mit einem Rutherford-Prisma (s. S. 21) und einem Flintprisma ausgerüstet, welche dann der Beobachter leicht vertauschen kann.

Das Instrument ist zur Messung der Wellenlängen mittels der Dispersionskurve, für chemische Analysen mittels des Emissions- sowie des Absorptionsspektrums und für andere Aufgaben geeignet.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Sehr verbreitet ist der Krüßsche Universal-Spektralapparat, welcher in Fig. 8 abgebildet ist.

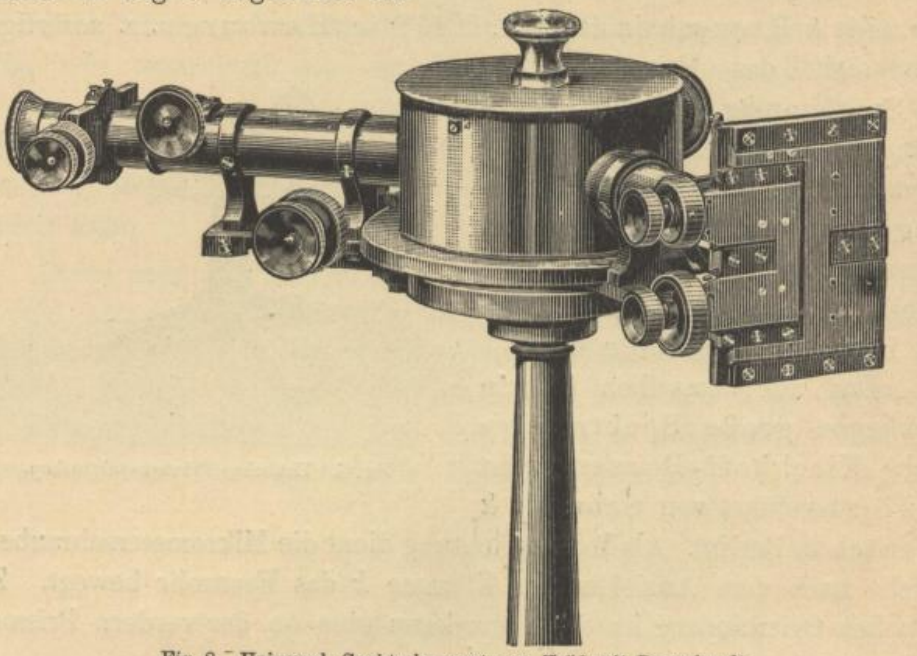


Fig. 8. Universal-Spektralapparat von Krüß mit Doppelspalt.

Die Universal-Spektralapparate von Krüß, welche sehr praktisch für physikalische und chemische Laboratorien sind, besitzen für die

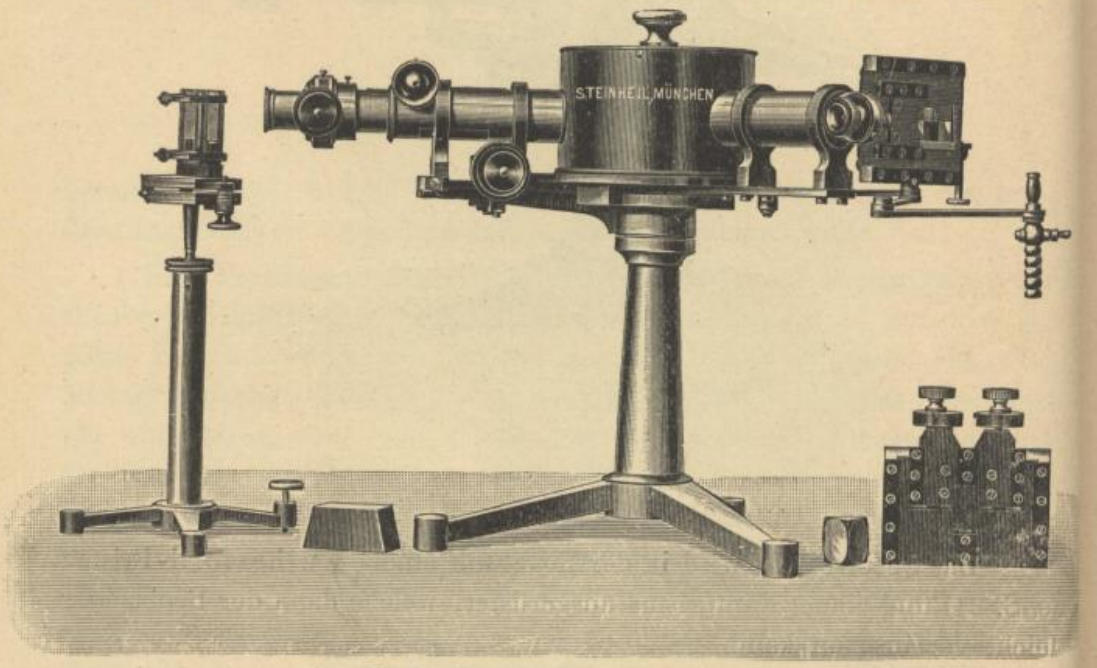


Fig. 9. Steinheils Universalspektroskop.

qualitative Analyse Skalenrohr, sowie einfachen Mikrometerspalt mit geteilter Trommel, Platinschneiden und Vergleichsprisma, Lampe zur

Skalenbeleuchtung; für die quantitative Analyse und zur Photometrie der Absorptionsspektren Mikrometerdoppelspalt mit zwei geteilten Trommeln (eine mit Nonius) und symmetrischem Okularschieber nach v. Vierordt usw. Sie sind mit einem Flintglasprisma von 60°, sowie einem dreifachen Rutherford-Prisma versehen, welche gegeneinander ausgewechselt werden können, so daß man mit geringer oder mit starker Zerstreuung arbeiten kann.

Ähnlich sind die Universal-Spektralapparate von Steinheil in München, welche mit einfachem Prisma sowie dreifachem Rutherford-Prisma ausgerüstet sind. Die Fig. 9 zeigt die Vorschaltung einer Glaswanne für Absorptionsspektren usw.

Die Prismen aus Crownglas und sog. Uviolglas zeigen geringere Dispersion (Farbenzerstreuung) als jene aus Leichtflint; stärkere Dispersion zeigt Schwerflint, insbesondere aber Thalliumglas; leider sind letztere Glassorten, insbesondere Thalliumglas, wenig durchlässig für Violett.

K. Siegl verwendet zwei 60°-Prismen aus Thalliumflint, dem schwersten Jenaer Normalglase; die Kameraobjektive besitzen einen Fokus von 25 bis 50 cm; die Maximaldispersion von *A* bis *H* beträgt 15 cm. Das Violett sowie Ultraviolett wird fast gänzlich absorbiert (Deutsche Mechaniker-Zeitung 1906, Heft 21, S. 201).

Auch Flüssigkeitsprismen wurden versucht, fanden jedoch wenig Verbreitung, weil sie Temperatureinflüssen ziemlich stark unterworfen sind.

Um die Spektren besser aufzulösen, nämlich eine bessere Dispersion zu erzielen, benutzt man 2 oder 3 Prismen hintereinander oder verwendet Kompoundprismen, welche beispielsweise aus Flint- und Crownglas verkittet sind. Solche Prismen stellt man aus einem Flintglas-

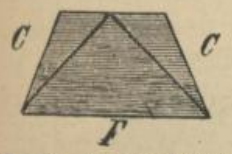


Fig. 10. Kompoundprisma (Rutherford-Prisma).

Fig. 11. Taschenspektroskop à vision directe.

und zwei Crownglasprismen her (Rutherford-Prismen, s. Fig. 10) oder man kombiniert 5 Prismen.

Bei den Prismen-Spektralapparaten bilden Spaltrohr (Kollimator) und Beobachtungsfernrohr einen Winkel miteinander, wegen der Ablenkung der Lichtstrahlen durch das Prisma, deshalb ist die Visierlinie des Instrumentes geknickt.

Durch geeignete Kombination von Flint- und Crownglasprismen kann man aber geradsichtige Prismensysteme konstruieren.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Spektroskope mit gerader Durchsicht (Spectroscope à vision directe) enthalten eine Prismenkombination von Crown- und Flintglas. Fig. 11 stellt ein Browningsches Taschenspektroskop vor mit 3 Crown- und 2 Flintglasprismen à vision directe.

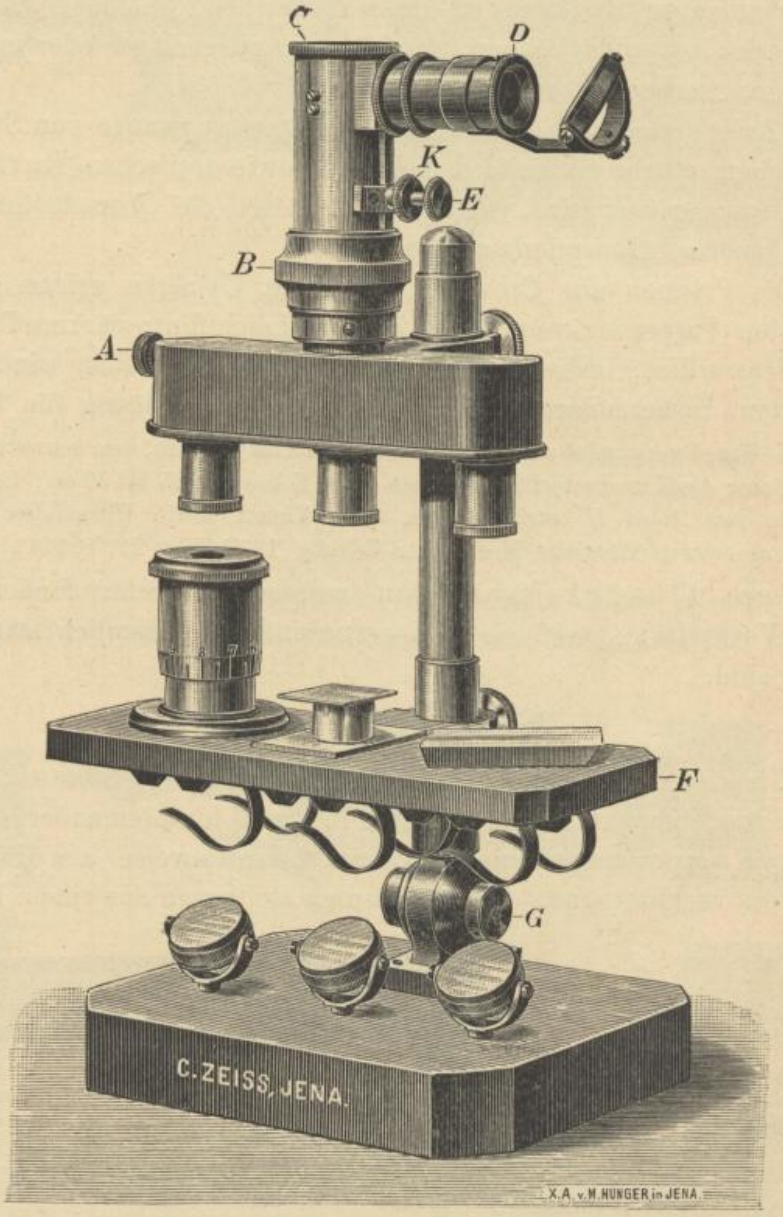


Fig. 12. Zeißsches Vergleichsspektroskop für Farbentechniker für gleichzeitige Beobachtung dreier Absorptionen.

Vom Spalte g (s. Fig. 11) entwirft das achromatische Objektiv e ein virtuelles Bild; von diesem weißen, virtuellen Spaltbilde entwirft das geradsichtige Prisma ein Spektrum, welches der Beobachter bei g' erblickt.

Die Taschenspektroskope werden auch mit Vergleichsprisma, Skala und Beleuchtungsspiegel versehen, z. B. von Schmidt & Haensch in Berlin, von Zeiß in Jena, Hans Heele in Berlin u. a.

Fig. 12a zeigt ein Heelesches Taschenspektroskop mit symmetrisch verstellbarem Spalt, achromatischer Linse und einem Prismensystem à vision directe mit seitlich angebrachter Wellenlängenskala, abklappbarem Vergleichsprisma und verstellbarem Beleuchtungsspiegel. Man bringt wohl auch eine ganz kleine Glühlampe vor der Skala an, um dieselbe zu beleuchten.

Praktisch sind die Zeißschen Vergleichsspektroskope für Farbentechniker, welche von Pulfrich in Jena[1]) auf Anregung von Prof. Quincke konstruiert wurden (Fig. 12). Man kann hierbei leicht und

Fig. 12a. Heeles Taschenspektroskop mit Wellenlängenskala, Beleuchtungsspiegel und Vergleichsprisma.

sicher die Absorptionsspektren von Flüssigkeiten, Strahlenfiltern, Farbgläsern usw. vergleichen, was besonders für die Prüfung der Farbenschirme zu Zwecken der Dreifarben-Photographie, Dreifarben-Projektion und dergleichen bequem ist, weil man die gleichzeitige Beobachtung dreier Absorptionen vornehmen kann. Das Zeißsche Vergleichsspektroskop ist dreiteilig; zwei Reflexionsprismen werfen die Strahlen der äußeren Teile knapp neben jenen des mittleren, geradsichtigen Teils auf den Spektroskopspalt; die drei so erhaltenen Spektren sind durch schmale direkte Streifen voneinander getrennt; über den Spektren liegt das Bild der Wellenlängenskala.

1) Zeitschr. f. Instrumentenkunde, Dez. 1898, 1900, S. 299.

DRITTES KAPITEL.

SPEKTRUMPHOTOGRAPHIE. METHODEN DER SPEKTROGRAPHISCHEN UNTERSUCHUNGEN.

Die genaue Kenntnis der aus zahlreichen Linien oder Bändern zusammengesetzten Spektralerscheinungen in ihrem wundervollen zarten Aufbau kann nur mittels der Photographie vermittelt werden. Die Spektrumphotographie ist ein unentbehrliches Hilfsmittel des Physikers und Chemikers geworden.

Andererseits bietet uns das Spektrum ein Farbenband von vollendeter Reinheit und Pracht der Farben, so daß der Photochemiker hiermit das für die praktische Photographie (orthochromatische Aufnahmen, Dreifarbenphotographie usw.) enorm wichtige Verhalten der Silbersalze gegen das farbige Licht exakt studieren kann. Mit Hilfe des Spektralapparates ist es leicht möglich, zu erfahren, ob das lichtempfindliche Präparat eine mehr oder weniger ausgedehnte Farbenempfindlichkeit besitzt. Deshalb seien hier die Methoden kurz beschrieben, deren man sich bedient, wenn man spektroskopisch-photographische (kurzweg „spektrographische") Untersuchungen anstellt.

Um die Wirkung des Lichtes auf Silbersalze usw. zu studieren, sind farbige Gläser von geringem Nutzen, weil sie immer mehrere Zonen farbiger Strahlen durchlassen. Man kann sich leicht davon überzeugen, wenn man das zu prüfende Glas durch ein Spektroskop betrachtet.

Eine Anordnung zur Photographie des Spektrums, welche jedoch bloß als Schema gedacht ist, zeigt Fig. 13. Im Fensterladen eines vollständig verdunkelten Zimmers bringt man vertikal eine enge Spalte an, durch welche die Sonnenstrahlen mit Hilfe eines Planspiegels horizontal geworfen werden.

In der Richtung des Lichtstrahls stellt man ein Prisma aus Flintglas auf einem Stativ mit drei Füßen vertikal auf.

Das Prisma muß so gefaßt sein, daß es sich leicht um seine Achse drehen läßt. Wenn man es dreht, sieht man das Spektrum sich dem

SLUB Wir führen Wissen.
gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Lichtstrahle nähern; bald zeigt sich aber ein Punkt, an welchem es sich wieder davon entfernt, selbst wenn man das Prisma in umgekehrter Richtung bewegt (Minimum der Ablenkung s. S. 18).

Das so erhaltene Spektrum ist undeutlich, wenn man es aber in einem photographischen Apparate durch ein Objektiv auffängt, kann man bei korrekter Einstellung eine scharfe Spektrumphotographie erzielen.

Diese Skizze soll nur den Vorgang beim Photographieren des Spektrums anschaulich machen; ein für praktische oder wissenschaft-

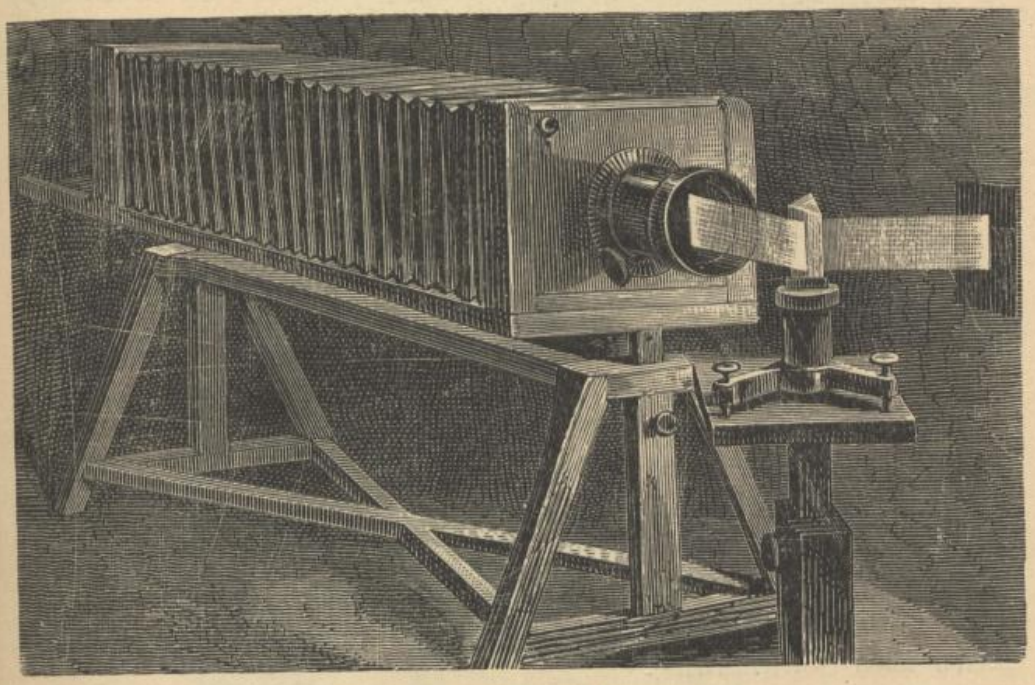


Fig. 13. Photographie des Spektrums.

liche Zwecke bestimmter photographischer Spektralapparat oder „Spektrograph" muß exakter konstruiert sein.

Kollimatorrohr, Prisma und Kamera müssen gut verbunden sein und werden je nach ihrem Endzwecke mit verschiedenartiger Anordnung zur Herstellung von Spektrumphotographien geeignet gemacht.

Der Spalt des Spektralapparates[1]) soll scharf und gut regulierbar sein; man benutzt am besten hierzu Platin- resp. Platin-Iridium-, eventuell Stahlschneiden, die man aber dann wohl durch vorgeschaltete

1) Meistens benutzt man parallele Spaltschneiden. Mitunter gibt man dem Spalt eine keilförmige Anordnung, um das Spektrum von der Basis bis zur Höhe verschieden hell zu machen, was z. B. bei der Prüfung von farbenempfindlichen Platten vielleicht erwünscht sein kann.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Gläser oder Bergkristallplatten schützen soll. Staubpartikelchen im Spalt geben Längsstreifen im Spektrum, welche zum mindesten Schönheitsfehler sind. — Auch empfiehlt es sich, 3 bis 5 kleine verschiebbare Riegel an dem Spalt anzubringen (Lockyer-Riegel), welche je nach Bedarf den ganzen Spalt frei lassen oder stufenweise 3 bis 5 nebeneinanderliegende schmale Spektralbänder liefern, ohne daß man die photographische Kassette zu verschieben braucht. Diese Einrichtung ist zu Vergleichszwecken wichtig, welche auch stets der Verfasser benutzt, um bei photographisch-spektralanalytischen Plattenprüfungen usw. die Lage der Maximalwirkung rasch ermitteln zu können.

Überdies soll die Kassette verschiebbar sein, damit man auf ein und derselben Platte mehrere der zumeist ziemlich schmalen Spektren photographisch festhalten kann. Dadurch wird nicht nur Plattenmaterial gespart, sondern die Übersichtlichkeit der Resultate gefördert.

Meistens läßt man das Licht axial direkt auf den Spalt des Spektralapparates fallen. Mitunter wird die Lichtquelle nicht direkt vor den Spalt des Spektralapparates gebracht, sondern man setzt eine Sammellinse dazwischen ein, welche man Kondensor nennt und zur Vermehrung der Helligkeit dient oder die Strahlenbüschel, kleine, punktförmige Lichtquellen, auseinanderzerren soll, damit sie den Spalt voll bedecken und seine volle Breite auszunutzen gestatten. Solche Kondensoren sind bei Aufnahme des Sonnenspektrums entbehrlich[1]), ebenso beim Arbeiten mit Prismenspektrographen, dagegen sehr nützlich bei Präzisions- und Messungsarbeiten im Gitterspektrographen. Man benutzt meistens sphärische Linsen, besonders praktisch aber sind die gekreuzten Zylinderlinsen nach Schumann[2]).

Um diffuses Licht oder falsche Lichtreflexe zu hindern, soll der Spektrograph an den Innenwänden mit schwarzem Samt ausgefüttert, eventuell mit schützenden Lichtblenden versehen sein.

Zur technischen Untersuchung photographischer Platten auf Farbenempfindlichkeit können ganz einfache Spektrographen verwendet werden, wozu geradsichtige Spektroskope mit einer photographischen Kamera kombiniert werden, wie dies zuerst H. W. Vogel durchgeführt hat[3]); dieser Apparat ist der einfachste dieser Art.

---

1) Bei Prismenapparaten können sehr schön definierte Spektren erhalten werden, wenn man die Lichtquelle (Bogenlicht, Induktionsfunken) 30 bis 40 cm weit vom Spalt aufstellt. Es ist also ein Kondensor hier entbehrlich.

2) V. Schumann, Sitzungsber. Kais. Akad. Wiss. Wien. Bd. 102. IIa. (1893.)

3) Poggend. Annal. Phys. Bd. 156, S. 319; auch Bericht über die wissenschaftlichen Instrumente auf der Berliner Gewerbeausstellung im Jahre 1879.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Vogels kleiner Spektrograph besteht aus einer photographischen Kamera K (Fig. 14) aus Holz, 17 cm lang, 13 cm breit und 10 cm hoch, ohne Auszug, die bei H eine matte Scheibe v (vgl. Fig. 14) trägt, welche mit einer photographischen Kassette bekannter Einrichtung vertauscht werden kann. Der Vorderteil der Kamera besteht aus einer beweglichen Jalousie R, die innerhalb der Kulisse $n'n''$ läuft und in der Mitte ein Brettchen b trägt, in welches ein Rutherfordsches resp. Schmidt & Haenschsches geradsichtiges Spektroskop S mit horizontalem Spalt r eingeschraubt ist.

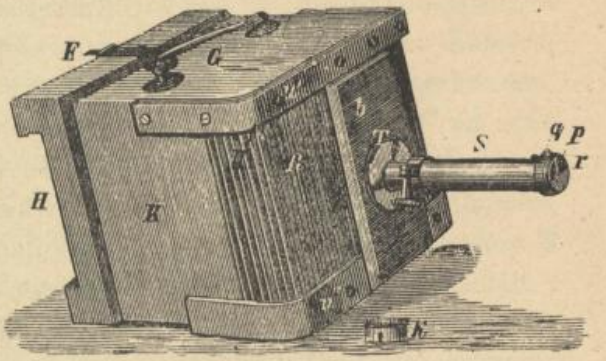


Fig. 14. Vogels Spektrograph.

Die Jalousie erlaubt das Spektroskop seitlich zu verschieben, und man ist dadurch imstande, auf einer kleinen Platte von 11×8 cm fünf senkrecht stehende Spektren nacheinander aufzunehmen, falls man

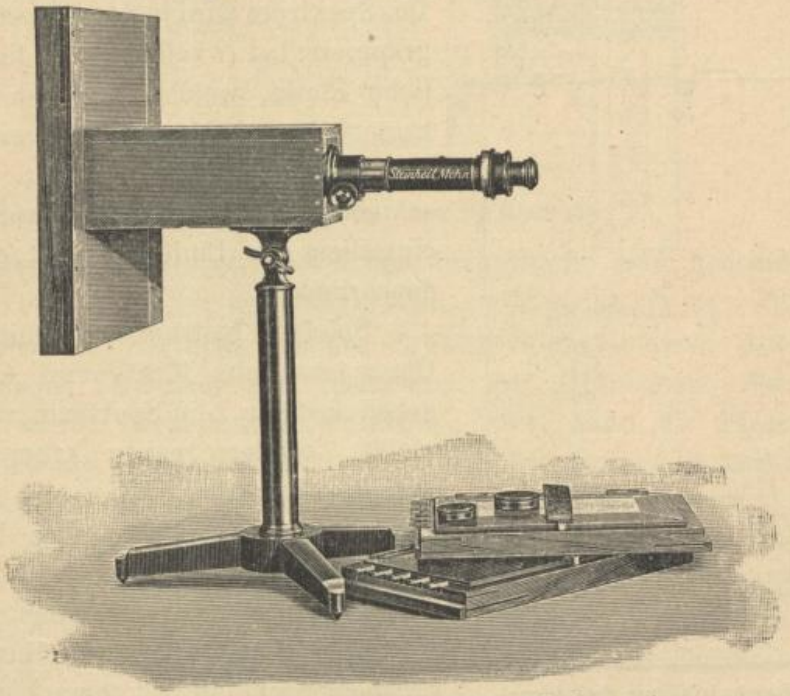


Fig. 15. Außenansicht von Steinheils kleinem Spektrographen.

den Spalt nicht zu lang nimmt. Dieser ganz einfache Apparat liefert aber nur unscharfe, verschwommene Spektrumbilder, welche für die erwähnten technischen Prüfungszwecke wohl genügen, aber besseren Anforderungen nicht entsprechen.

SLUB Wir führen Wissen.
gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Bei Steinheils kleinem Spektrographen (Fig. 15) mit 5fachem Prisma à vision directe ist die Kollimatorlinse dreifach verkittet (20 mm Öffnung, 60 mm Fokus); zum Scharfeinstellen dient ein Trieb. Die Kassetten (für Platten 13×18 cm) sind verschiebbar, so daß man fünf Spektrumaufnahmen auf eine Platte machen kann.

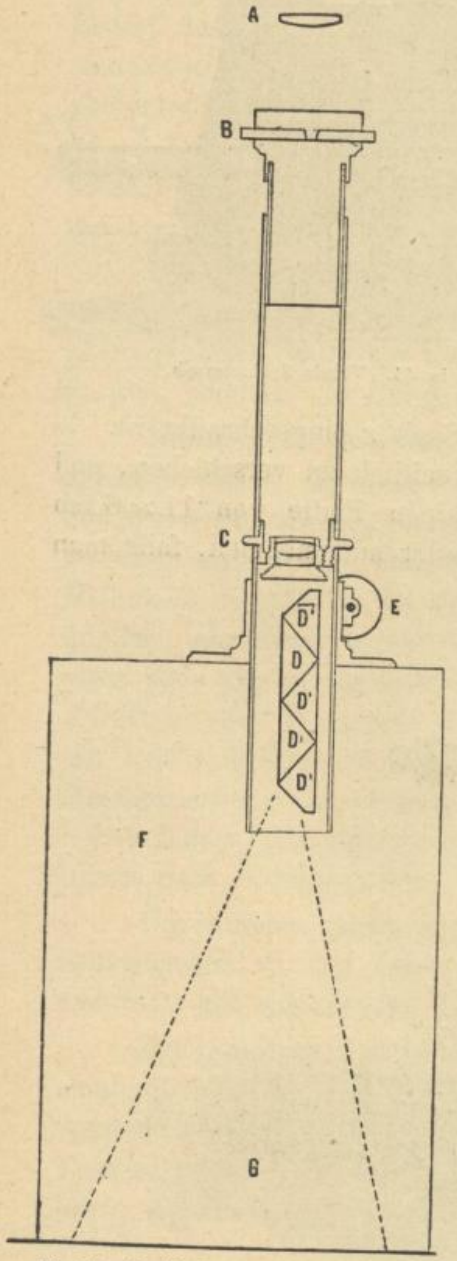


Fig. 16. Steinheils kleiner Spektrograph.

In Fig. 16 ist die Konstruktion von Steinheils kleinem Spektrographen abgebildet. Das Objektiv C des Spaltschlitten-Fernrohres hat ca. 8 cm Brennweite. Der Prismensatz à vision directe besteht aus drei Crownglasprismen D' von 100 Grad 20′ 0″ brechendem Winkel und zwei Flintglasprismen D von 105 Grad 0′ 0″ brechendem Winkel; die Zerstreuung von D bis F ist gleich 4 Grad 6′ 40″, also für das ganze Spektrum A bis H ca. 15 Grad. Das Spektrum wird in der Kamera F photographiert: bei G befindet sich die empfindliche Platte, welche in einer Schieberkassette fünfmal verschoben werden kann. Die Schraube E ermöglicht das Verschieben des Spektroskopes zum Scharfeinstellen der Linien. A ist eine Kondensorlinse.

Solche Instrumente mit dicken Glasmassen aus Flint- und Crownglas geben fast gar kein Spektrum von Ultraviolett, sondern gehen kaum über H hinaus, sind aber billig und leicht zu handhaben; sie liefern keine besonders klaren Spektren.

Besser wird die Leistung derartiger Spektrographen, wenn man hinter dem Prismensystem ein photographisches Objektiv (wenn auch nur eine einfache, nicht achromatische Sammellinse) anbringt. Der Verfasser benützt kleine Spektrographen nur mit solchen Kameralinsen.

Sobald die Kameralinse nicht achromatisch ist, muß die Kassette eine Neigungsmöglichkeit gegen die optische Achse der Kamera besitzen.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Man muß eben dann die Visierscheibe resp. die photographische Kassette schräg stellen, um die stärker brechbaren violetten und weniger brechbaren roten Strahlen auf die photographische Platte mit günstiger Bildschärfe zu bringen. Auf diese Weise ist der in Fig. 17 abgebildete Spektrograph von E. v. Gothard eingerichtet. *K* ist die Kassette an der Kamera. Diese ist mittels zweier Messingscharniere *E* mit der Kamera verbunden, damit man ihr die gehörige schiefe Stellung geben kann. *F* ist eine Schraube zum Fixieren der Kassettenführung, *b* ist ein kurzer Blasebalg, *H* ist ein starkes Messingrohr, welches den Verschluß (eventuell Momentverschluß) des Spektroskops trägt, welches im Innern das Spektroskop à vision directe und eine einfache plankonvexe Crownglaslinse *D* enhält.[1])

Dieser Apparat (oder eine ähnliche Type) eignet sich gut für technische Zwecke der Erprobung der Farbenempfindlichkeit photographi-

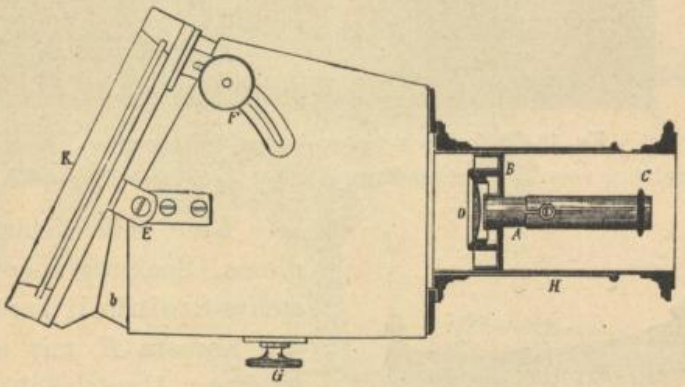


Fig. 17. E. v. Gothards kleiner Spektrograph.

scher Platten oder der Absorption von Lichtfiltern; man beachte, daß die Helligkeit im Violett und Ultraviolett stark gedämpft ist. Für derartige Proben bedient man sich des direkten Sonnenlichtes. Auch das kontinuierliche Spektrum des Gaslichtes, der Glühlampe, der sehr empfehlenswerten Nernstschen Glühlampe usw. kann als Ersatz des Sonnenspektrums gute Dienste leisten. Um die Orientierung im kontinuierlichen Spektralband zu finden, braucht man mindestens eine genau bekannte Leitlinie, z. B. die gelbe Natriumlinie. Man kann sie mitphotographieren, wenn man zwischen dem leuchtenden Gasbrenner (Argandbrenner) und dem Spektralspalt eine nicht leuchtende Bunsen-Gasflamme einschaltet und in den unteren Teil der Bunsenflamme etwas Asbest oder ein Platinnetz oder einen Platinring bringt, der Chlornatrium oder Soda enthält und gelbes Natriumlicht aussendet. Durch Anlage einer Skala, welche auf das Sonnenspektrum geeicht ist, gelingt die für technische Zwecke genügende Orientierung.

1) Aus Konkoly, Himmelsphotographie 1887 (Halle a. S.).

SLUB Wir führen Wissen.
gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Auf diese Weise ist die in Fig. 18 abgebildete Spektrumphotographie[1]) hergestellt.

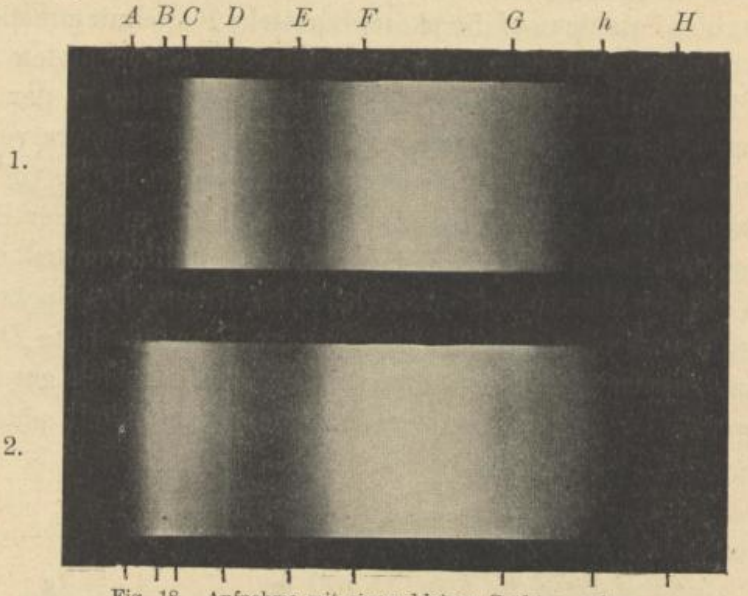


Fig. 18. Aufnahme mit einem kleinen Spektrographen.
1. Bromsilbergelatine sensibilisiert mit Formylviolett. — 2. Dasselbe mit Wollschwarz 4 B.

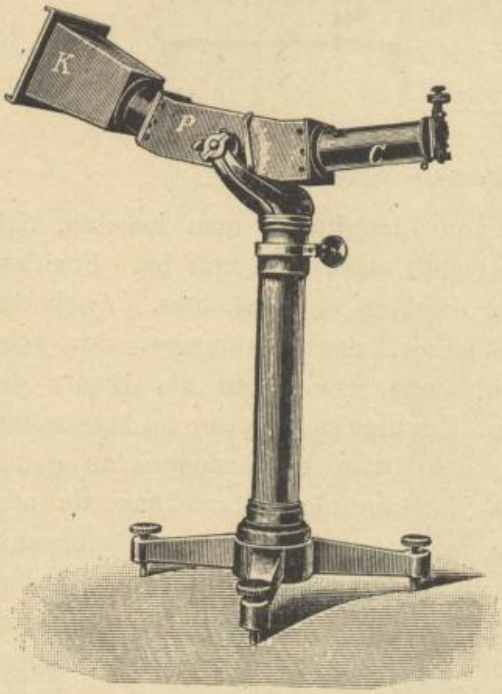


Fig. 19. Steinheils kleiner Spektrograph mit lichtstarkem Unofokalobjektiv.

Eine sehr lichtstarke Form dieses Spektrographen (Fig. 19) stellte Steinheil her[2]), indem er die Kamera K mit einem lichtstarken Unofokalobjektiv ausrüstete und das fünfteilige Prisma (bei P) aus drei Crown- und zwei Flintglasprismen unter Verkittung so zusammensetzte, daß bei senkrechtem Eintritt für eine mittlere Wellenlänge des Spektrums auch senkrechter Austritt erfolgt; dadurch wird der Lichtverlust möglichst verringert. Das Spektrum ist zwischen den Fraunhoferschen Linien A bis H ungefähr 5 cm lang und gleichmäßig scharf.

Der Apparat ruht mittels Zapfen und Gabel auf einem starken Stativ mit drei Fuß-

1) Eder und Valenta, Beiträge zur Photochemie und Spektralanalyse II, S. 136.
2) H. Lehmann, Zeitschr. f. Instrumentenkunde, Dez. 1904.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

schrauben und kann in jeder Lage der horizontalen und vertikalen Richtung festgeklemmt werden. Der Hauptschnitt des Prismas liegt in der vertikalen Richtung, die Spaltrichtung ist also horizontal.

Der Apparat ergibt zwar keine große Länge des Spektrums; er zeichnet sich aber durch ganz besondere Lichtstärke aus; er ist für die spektrographische Aufnahme von Polarlichterscheinungen sowie der sogenannten Himmelsphosphoreszenz und der sehr lichtschwachen Kathodo-Lumineszenz bestimmt.

Einen ähnlichen Apparat mit einem Prisma großer Helligkeit, aber geringer Dispersion konstruierte O. Toepfer in Potsdam nach den Angaben von Scheiner für die Spektrographie des Nordlichtes.

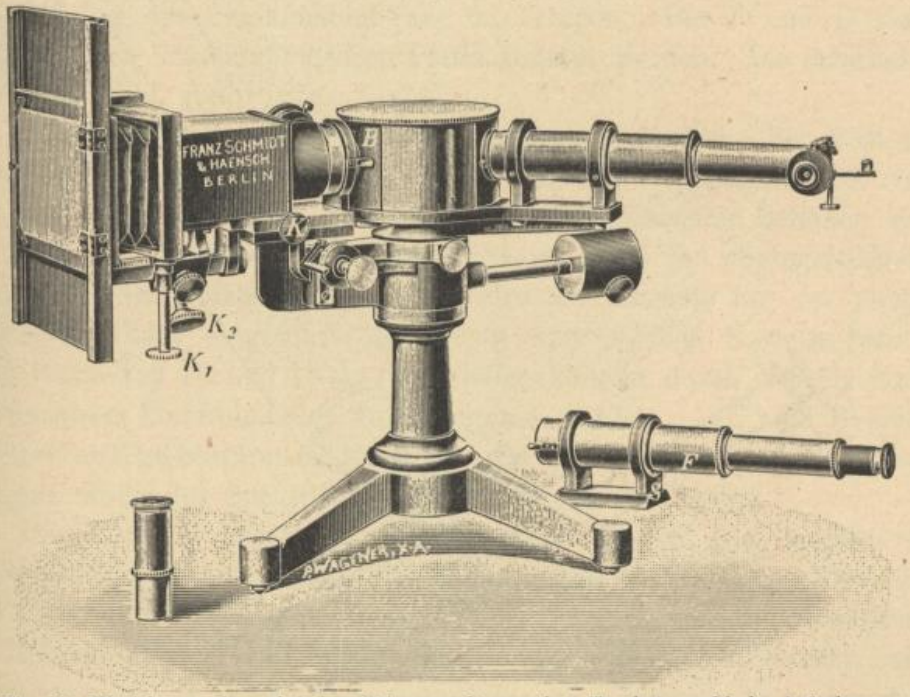


Fig. 20. Einrichtung eines einfachen Prismenspektrographen für photographische Aufnahmen.

Der Kirchhoff-Bunsensche Prismen-Spektralapparat kann zur photographischen Aufnahme des Spektrums nutzbar gemacht werden, wenn man an Stelle des leicht zu entfernenden Beobachtungsfernrohres F (Fig. 20) eine photographische Kamera anbringt. Fig. 20 zeigt eine solche Einrichtung von Schmidt & Haensch in Berlin.

Bessere Auflösung der Spektren, sowie weiteres Vordringen in das beginnende Ultraviolett gestatten Spektrographen mit zwei oder drei einfachen Glasprismen aus bestem durchlässigen Glas.

Will man das Sonnenspektrum zum Zwecke der Prüfung der Farbenempfindlichkeit photographischer Platten für Zwecke der Spektrum-

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

photographie benutzen, so kann man den Spektralapparat derartig montieren, daß man ihn bequem nach der Sonne drehen kann. Einen solchen Apparat ließ der Verfasser bei Steinheil in München ausführen[1]) und Fig. 21 zeigt die Anordnung.

Das Licht, welches zunächst den bei O verstellbaren Spaltschlitten A im Brennpunkte des Objektives B passiert, fällt auf die drei Prismen C, D und E, welche alle aus einem leichten Flintglase bestehen und einen brechenden Winkel von 50 Grad besitzen. Das dadurch entstehende

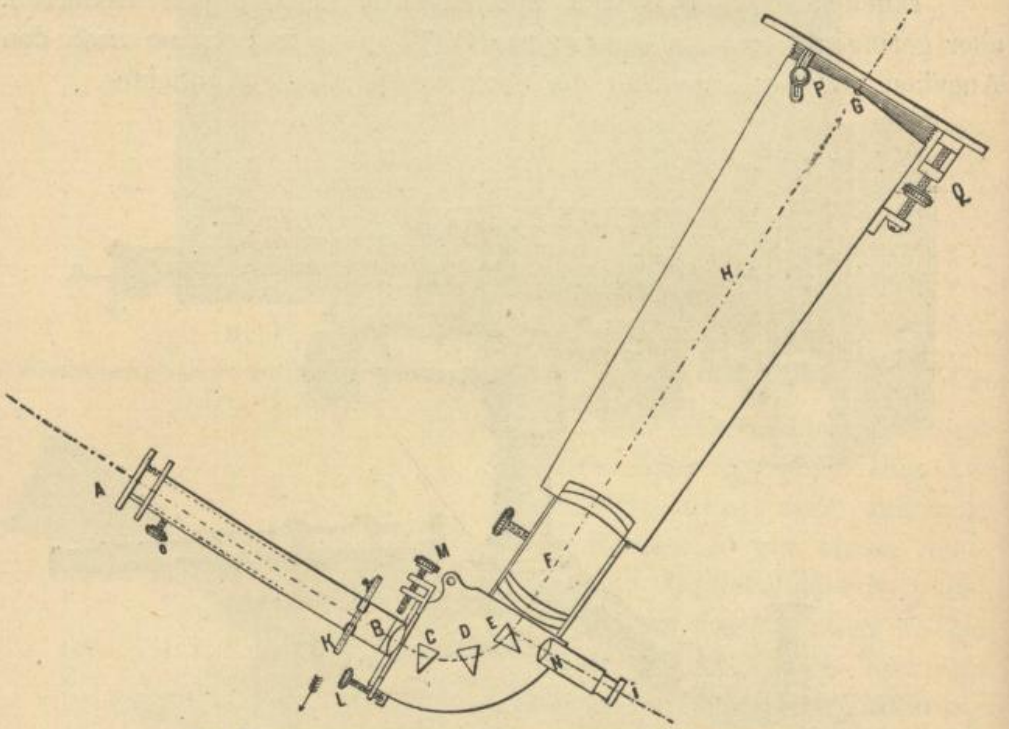


Fig. 21. Großer Steinheilscher Spektrograph mit 3 Flintprismen.

Spektrum wird von einem photographischen Objektive F auf die Ebene G am Ende der Kamera H geworfen, wo dasselbe photographiert werden kann.

Das Objektiv des Spaltschlittenfernrohres hat 34 mm Öffnung und 325 mm Brennweite, während das photographische aplanatische Objektiv F 54 mm Öffnung und 600 mm Brennweite besitzt. Die Linsen sind aus solchen Glassorten zusammengesetzt, die möglichst wenig blaue bis ultraviolette Strahlen absorbieren, weshalb eine große Helligkeit im blauen und violetten Teil erlangt wird.

---

1) Dieser nach des Verfassers Angaben speziell für seine Untersuchungen von Dr. Steinheil ausgeführte Spektrograph wurde auch in getreuer Kopie für Herrn Dr. Mallmann in Wien angefertigt. Der in David und Scoliks „Orthoskiagraphische Photographie“ (1890, S. 274) abgebildete Steinheil-Spektrograph ist das Bild dieses kopierten Apparates.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Das Brechungsvermögen der Prismen ist für die

Fraunhoferlinie D . . . . . $n = 1{,}57852$

„ F . . . . . $n = 1{,}58829$.

Ihre Öffnung beträgt 47 mm.

Mit dem Spektrum kann zugleich eine Skala J photographiert werden, welche durch das photographische Objektiv N vergrößert und an der letzten Prismenfläche reflektiert, ebenfalls auf die Ebene der lichtempfindlichen Platte geworfen wird. Bei K befindet sich ein sogenannter Objektivverschluß. Die beiden Schrauben L und M dienen zur Verstellung des Spaltschlitten-Fernrohres, um bei der Photographie spezieller Teile im Spektrum dieselben in die Mitte der Platte und auf das Minimum der Prismenablenkung zu bringen. Bei P und Q kann die Ebene der lichtempfindlichen Platte geneigt werden. Die Schneiden des Spaltes sind von Platin.

Fig. 22 zeigt die Außenansicht des Spektrographen. Bei A ist der Spalt, welcher der Linse B mittels des Triebes O genähert oder von ihr entfernt werden kann. Innerhalb des Messingkörpers befinden sich drei Prismen. N enthält die Vergleichskala, F ist das photographische Objektiv, H die Holzkamera. Bei R wird die Kassette mit der photographischen Platte eingeführt; auf der in einer solchen Kassette befindlichen Platte von 12 und 16 cm Seitenlänge können durch Verschiebung drei Spektren hintereinander aufgenommen werden. SS sind Blenden (Schieber aus geschwärztem Messing), welche bestimmt sind, das blaue oder rote Ende des Spektrums nach Bedarf abzuschneiden.

Die Länge des Spektrums, welches dieser Apparat gibt, beträgt von der Fraunhoferschen Linie A bis N ca. 11 cm; über N hinaus kann das Ultraviolett nicht mehr gut photographiert werden, weil die Absorption der Strahlen, deren Wellenlänge unter 350 Millionstel-Millimeter liegt, zu groß ist.

Richtet man den Spektralapparat auf den blauen Himmel oder Wolken, so erhält man niemals so scharfe Linien als im Sonnenlicht; sehr gute optische Sensibilisatoren äußern zwar dann auch noch ganz deutlich ihre Wirkung (z. B. Eosin), schwache (z. B. die meisten grünen Farbstoffe) aber zeigen häufig so geringe Wirkung, daß man dieselbe leicht übersehen kann.

Mit diesem Glasprismen-Spektrographen führte der Verfasser seine „Untersuchungen über das Verhalten der Haloidverbindungen des Silbers gegen das Sonnenspektrum und die Steigerung ihrer Empfindlichkeit durch Farbstoffe“ (1884—1910), von welchen in diesem Werke wiederholt die Rede ist, durch.[1]) Fig. 1 auf Tafel IV zeigt die Länge der damit

1) Sitzungsber. d. kaiserl. Akad. d. Wissensch. in Wien, 1884, 1885, 1886.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

erhaltenen Sonnenspektren an, und zwar I die Wirkung des Spektrums auf Bromsilbergelatine; II die auf Erythrosin-Bromsilbergelatine (orthochromatische Platte) und III die Dämpfung der Wirkung des Sonnenspektrums im violetten und blauen Bezirke durch vorgeschaltete Gelb-

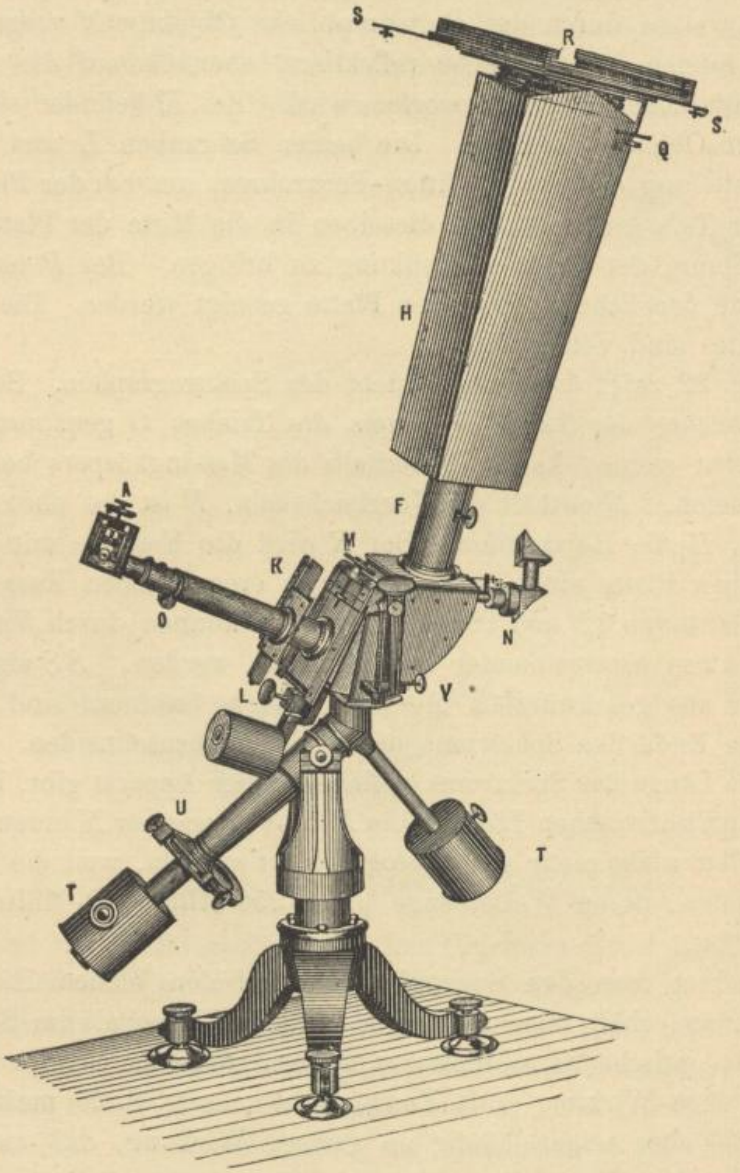


Fig. 22. Steinheils großer Spektrograph mit 3 Flintprismen.

scheiben bei orthochromatischen Platten. Die Figur 2 auf Tafel IV zeigt das äußere rote und orangefarbige Sonnenspektrum, wie man es im Prismenspektrographen hinter roten Glasscheiben erhält; man sieht die Fraunhoferschen Linien *A a B C* bis *D*, während von *D* ab das übrige Spektrum ausgeschaltet ist.

H. Heele in Berlin gibt seinem Spektrographen mit zwei Prismen (von 64°) die in Fig. 23 abgebildete Form, welche in ähnlicher Weise nach H. W. Vogels Angaben Schmidt & Haensch (Berlin) u. a. ausgeführt hatten; man kann den Apparat leicht gegen die Sonne oder andere

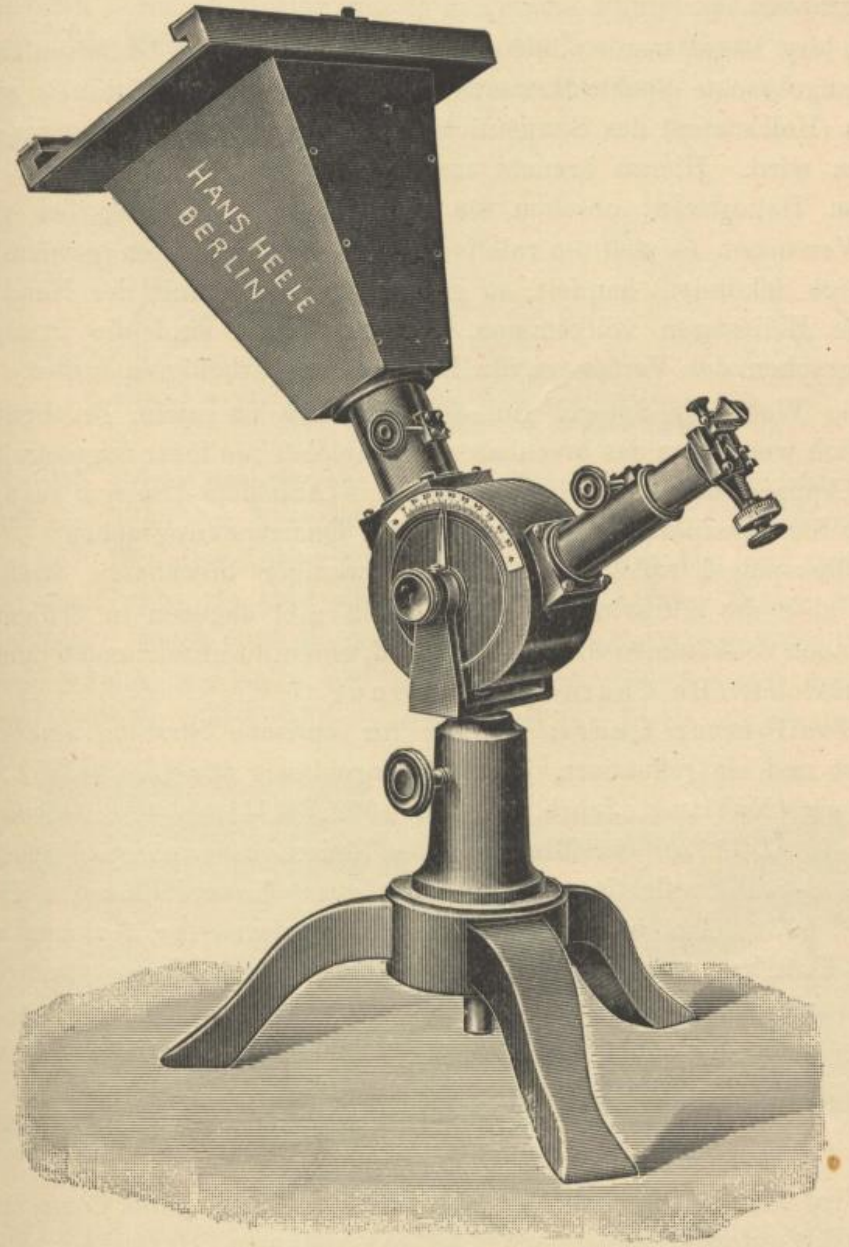


Fig. 23. Heeles Spektrograph mit 2 Prismen.

Lichtquellen richten. Das Objektiv hat nur 23 cm Fokus und das Spektrum bedeckt nur Platten von 9×12 cm.

Adam Hilger in London verwendet zwei Glasprismen und Linsen mit 20 cm Brennweite aus Uviolglas, wobei man ein Spektrum von

Rot bis zu $\lambda = 300\,\mu\mu$ im Ultraviolett bei einer Länge von 4 cm erhält. Eine größere Konstruktion ähnlicher Art mit 61 cm-Linsenfokus liefert ein derartiges Spektrum von etwa 12 cm Länge. Die äußere Form des letzteren gleicht dem weiter unten in Fig. 34 abgebildeten Quarzspektrographen.

In der Regel werden mehr stabile, auf massivem Gußeisenfundamente angebrachte Spektralkameras benutzt, bei welcher mittels eines Spiegels (Heliostaten) das Sonnenlicht horizontal in den Spektrographen geworfen wird. Hierzu braucht man wohl keinen mit Uhrwerk betriebenen Heliostaten, obschon sie bequem sind; da aber bei allen diesen Versuchen es sich um relativ kurze Belichtungszeiten (gewöhnlich nur einige Sekunden) handelt, so genügen einfache, mit der Hand zu drehende Heliostaten vollkommen. In dieser Art sind die Prismenspektrographen des Verfassers für Laboratoriumsarbeiten montiert.

Die Wahl der Spiegel für diese Zwecke ist nicht gleichgültig, namentlich wenn man das brechbarere Ultraviolett tunlichst ungeschwächt in den Apparat bringen will. Quecksilber-(Amalgam-)Spiegel genügen zur Not für Glasspektrographen (nicht für Quarzspektrographen).

Silberspiegel reflektieren nur die weniger brechbaren Strahlen, löschen aber die ultravioletten aus; Platin gibt dagegen in Schichten, welche noch vollkommen durchsichtig sind, einen ausgezeichneten Spiegel für Ultraviolett (De Chardonnet, Cornu).

Versilberter Quarz, welcher für optische Strahlen undurchlässig ist und sie reflektiert, ist noch durchlässig für Licht von λ 310 bis $340\,\mu\mu$ (Nutting, Jahrb. f. Phot. 1902, S. 459). — Silberspiegel besitzen für λ $322\,\mu\mu$ ein Minimum des Reflexionsvermögens; Spiegelmetall und Stahl reflektieren Ultraviolett gut (Glatzel, Jahrb. f. Phot. 1901, S. 593). Am besten sind Magnaliumspiegel (zu beziehen von C. A. F. Kahlbaum in Berlin), welche bei mäßigem Preise vorzüglich wirken und vom Verfasser benutzt werden. Auch polierte Stahl-, Messing- oder Nickelplatten sind verwendbar, obschon die selektive Reflexion für all diese Metalle etwas untereinander abweicht.

Wird für die Glasspektrographen dann noch ein gutes Compound-Prisma (Rutherford-Prisma) verwendet, so erzielt man lichtstarke Spektralapparate, welche jenen mit 3 einzelnen Flintprismen überlegen sind. Die Verwendung achromatischer Kollimator- und Kamera-Objektive ist überflüssig; ja es bieten sogar dünne, nicht achromatisierte einfache Linsen den großen Vorteil der guten Lichtdurchlässigkeit und sind überdies noch sehr wohlfeil; aber es muß die entsprechende schräge Stellung

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

der Kassetten sehr exakt ermittelt werden. Deshalb ist die Anordnung des großen Glasspektrographen, welchen Eugen von Gothard nach Angaben des Verfassers ausführte, von besonders guter Wirkung; der Apparat hat ein Steinheilsches Kompoundprisma von der in Fig. 24 abgebildeten Form. Dasselbe besteht aus einem Flintglasprisma mit einem brechenden Winkel von 94° 32′ 20″, welches zwischen zwei konträr

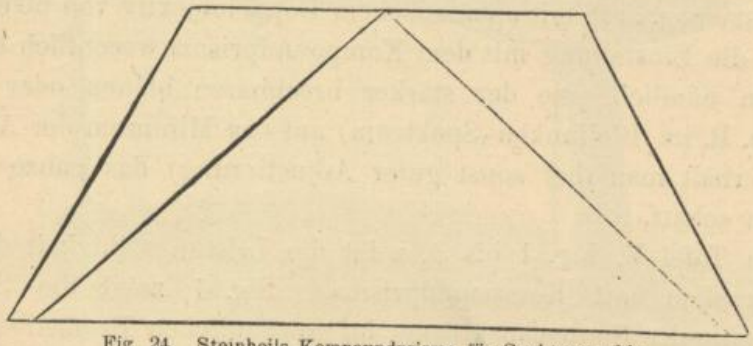


Fig. 24. Steinheils Kompoundprisma für Spektrographie.

stehenden Crownglasprismen (Winkel 18° 30′) eingeschlossen ist. Der Brechungsindex des Flintglases ist $n_D = 1{,}65082$, der des Crownglases $n_D = 1{,}51159$. Die Linsen besitzen den Fokus von 1 m und sind nicht achromatisch; sie sind wegen der Dünnheit ihrer Gläser gut lichtdurchlässig, jedoch muß die photographische Kassette gegen die Objektivachse geneigt werden[1]), um die stärkeren und weniger brechbaren Spektralbezirke gleichmäßig scharf auf einer Platte zu erhalten. Die

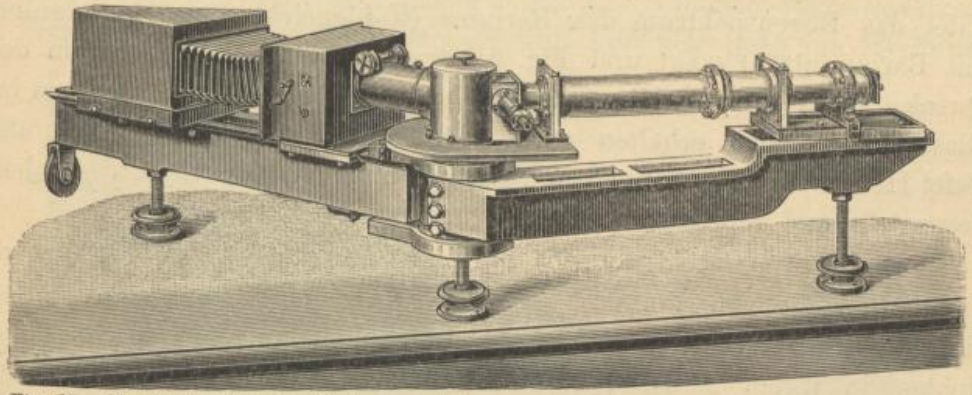


Fig. 25. Glasspektrograph des Verfassers mit Kompoundprisma, einfachen Linsen und Vorrichtung zum Schrägstellen der Kassette.

äußere Form dieses Glasspektrographen ist jener des Quarzspektrographen (Fig. 34) ähnlich. Behufs Photographie des Sonnenspektrums wird das Licht mittels eines Handheliostaten mit Magnaliumspiegel horizontal in die Achse des Kollimatorrohres geworfen.

1) Bei Verwendung von achromatischen Objektiven steht die Kassette senkrecht zur Achse der Kamera.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Fig. 25 zeigt die äußere Ansicht des vom Verfasser benutzten, durch E. von Gothard ausgeführten Glasspektrographen, mit Vorrichtung zum Schrägstellen des Kassette, zur Drehung des Prismas und Trieb zum Scharfeinstellen der Objektive. Der Apparat steht auf einem schweren Eisenfundament.

Dieser Apparat ist leistungsfähiger als der auf S. 32 beschriebene Drei-Prismenapparat mit aplanatischem Doppelobjektiv von 60 cm Fokus. Auch ist die Einstellung mit dem Kompoundprisma wesentlich einfacher; stellt man nämlich eine der stärker brechbaren blauen oder violetten Linien (z. B. im Bleifunken-Spektrum) auf das Minimum der Ablenkung ein, so erhält man (bei sonst guter Adjustierung) das ganze sichtbare Spektrum scharf.

Die Tafel V, Fig. 1 bis 3, zeigt die Leistungsfähigkeit des Glas-Spektrographen mit Kompoundprisma. Fig. 1 zeigt die Spektrumphotographie des Sonnenspektrums auf gewöhnlichen Bromsilbergelatineplatten mit der Maximalwirkung zwischen F und G im Blau und dem raschen Abfall gegen Ultraviolett, welcher durch die dicken, ziemlich stark absorbierenden Glasmassen verursacht wird. Fig. 2 zeigt die Photographie des Sonnenspektrums auf einer orthochromatischen Erythrosinplatte mit dem Sensibilisierungsband von Gelb bis Grün; Fig. 3 dasselbe auf einer Orthochromplatte, welche bis gegen C (im Orangerot) sensibilisiert. Ferner zeigt die Figur 4 auf Tafel V das Spektrum des gewöhnlichen elektrischen Kohlen-Bogenlichtes, während Fig. 5 auf derselben Tafel das Bogenspektrum des Bariums (Kohlenelektroden, imprägniert mit Bariumsalzen) zeigt und Fig. 6 vergleichsweise das Spektrum des Quecksilbers (Cooper-Hewittsche Quecksilberdampflampe), wie es im Glasspektrographen erhalten wird, zeigt. Man vergleiche hiermit die Tafel II, worin einige derselben Spektren mit dem Gitterspektrographen hergestellt und reproduziert sind.

Dieser Apparat eignet sich gut nicht nur für Prüfung der Farbenempfindlichkeit von Platten, sondern Eder und Valenta bedienten sich desselben zu spektralanalytischen Untersuchungen und veröffentlichten in ihrem „Atlas typischer Spektren“ (Wien 1911) zahlreiche damit aufgenommene Flammen-, Bogen- und Funkenspektren.

Im nachstehenden sollen noch einige Spektrographen anderer Konstruktion besprochen werden.

A. Krüß in Hamburg gibt seinem 3-Prismenspektrographen die in Fig. 26 abgebildete Form. Kollimator mit Objektiv von 34 mm Öffnung und 325 mm Brennweite, 3 Prismen von 50° und 47 mm

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

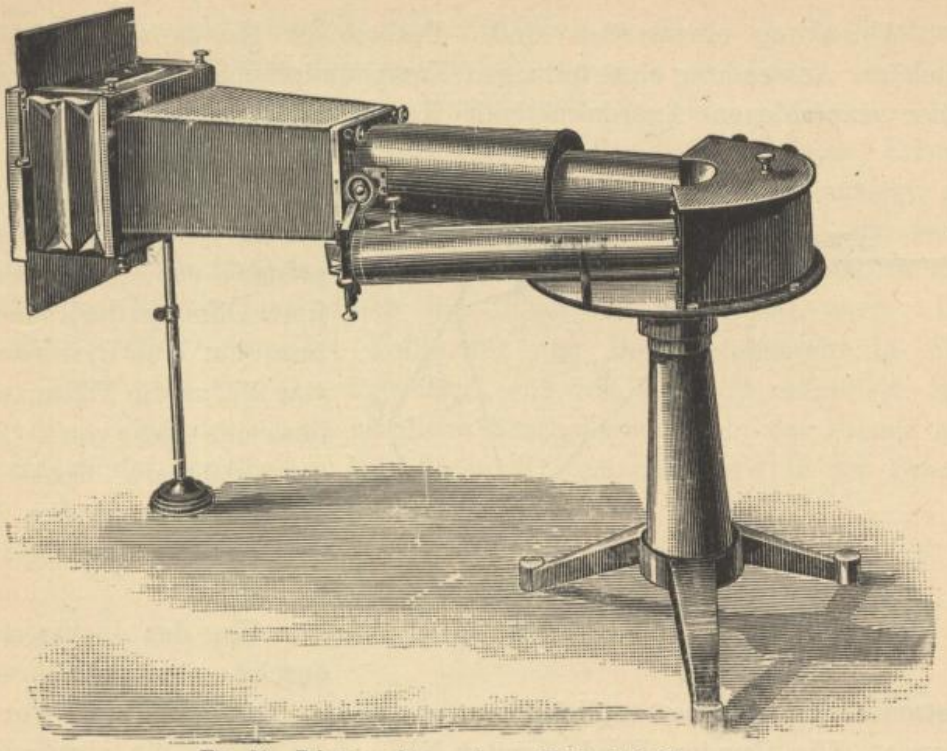


Fig. 26. Prismenspektrograph von Krüß mit 3 Prismen.

Öffnung; aplanatisches photographisches Objektiv von 54 mm Öffnung und 610 mm Brennweite; Spektrum 20 mm hoch und ca. 150 mm lang.

Einen Spektrographen mit 3 bis 5 Prismen konstruierte Hans Heele in Berlin (Fig. 27). So viele Prismen geben jedoch lichtschwache Spektren, welche nur in kleinen Zonen scharf sind und schwierig ins Minimum

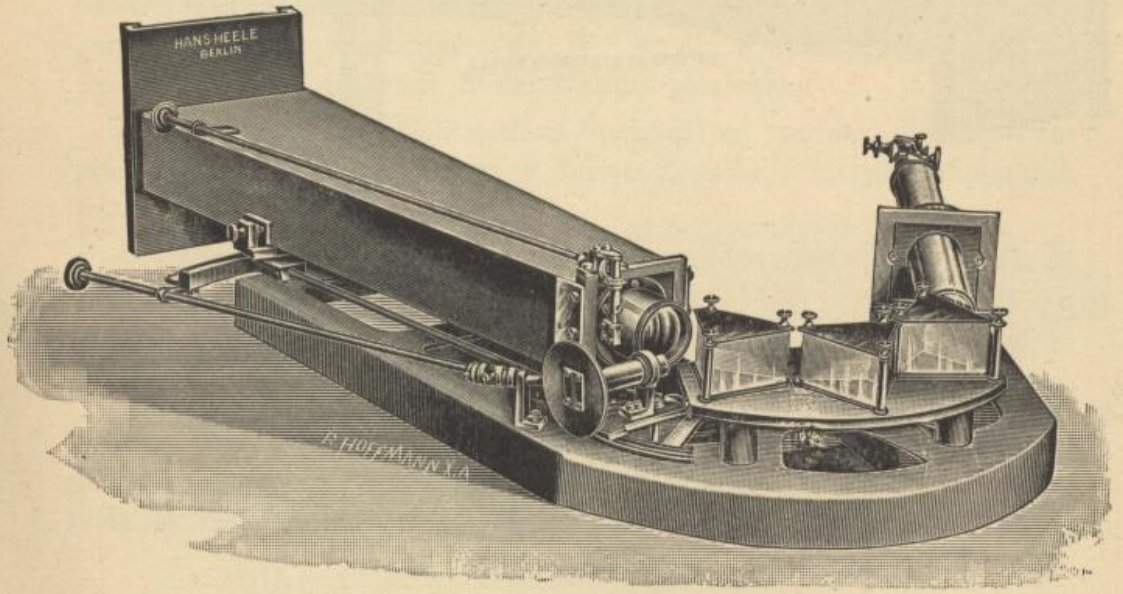


Fig. 27. Prismenspektrograph von Hans Heele.

der Ablenkung einzustellen sind. Deshalb ist Heele später (1910) auch zur Anwendung eines einzigen Kompoundprismas (analog der von Eder empfohlenen Anordnung mit Kompoundprisma, s. S. 38) übergegangen. Der Heelesche Spektrograph mit Uviolglas besitzt ein Kompoundprisma von 10×10 cm freier Öffnung; die Kameralinse hat eine Brennweite von $2^1/_2$ m, die Kollimatorlinse eine solche von $1^1/_2$ m; das sichtbare Spektrum dieses Spektrographen besitzt eine Ausdehnung von ca. 1 m.

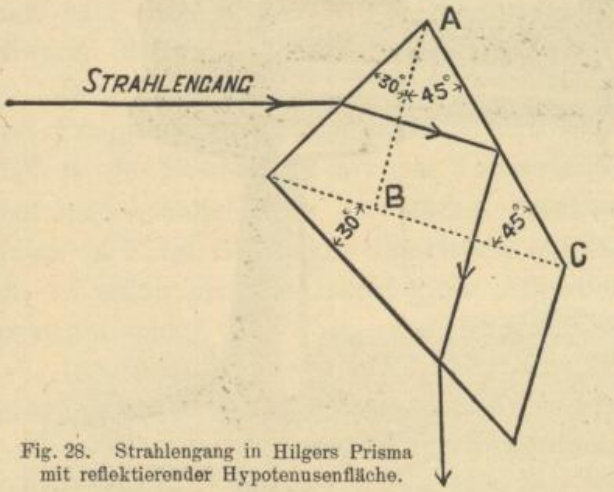


Fig. 28. Strahlengang in Hilgers Prisma mit reflektierender Hypotenusenfläche.

Um den Lichtverlust durch Anwendung mehrerer getrennter Glasprismen tunlichst herabzumindern, gibt Adam Hilger in London (75a Camden Road, London NW.) dem Prisma die eigenartige Form von Fig. 28, wo auch der Strahlengang angegeben ist. Das Prisma besteht aus einem Stück mit total reflektierender Hypotenusenfläche.

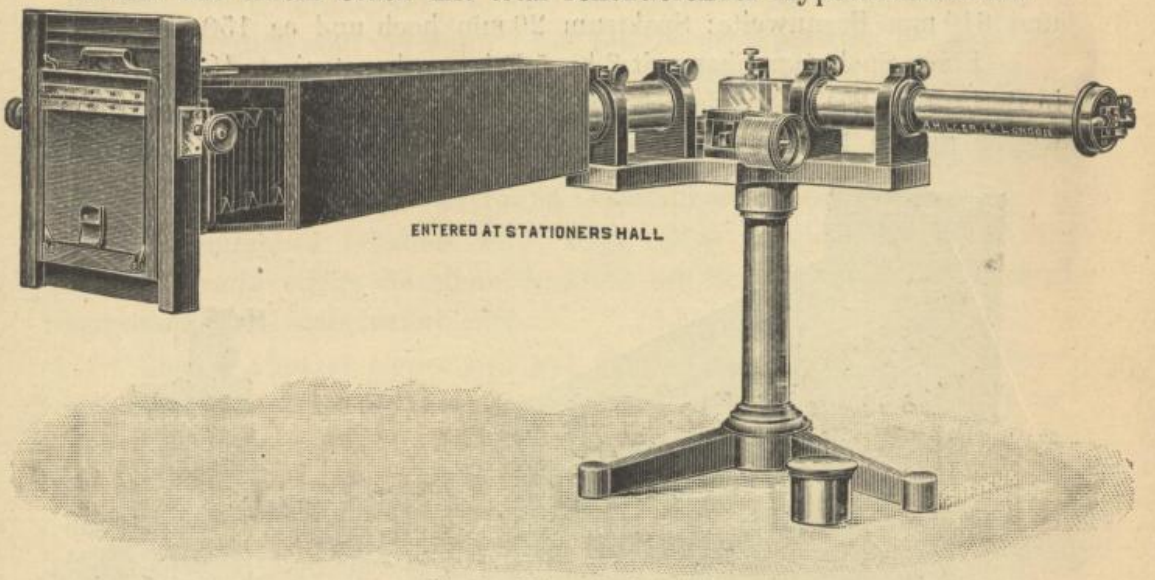


Fig. 29. Hilgers Spektrograph.

Mittels eines solchen Hilgerschen Apparates (Fig. 29) hat Gissing seinen Atlas der Funkenspektren[1]) auf photographischem Wege im sichtbaren Teile bis λ 3850 hergestellt.

1) Charles Gissing, Spark Spectra of the metals. London 1910.

Hierher gehört auch das von Pulfrich erfundene Autokollimations-Spektroskop[1]). Dieses Instrument ist sozusagen die Hälfte eines der üblichen aus Kollimator, Prisma und Fernrohr bestehenden Spektroskope; es hat nämlich nur ein Rohr und nur ein halbes Rutherfordsches Prisma. Die Fläche *BC* in Fig. 30 ist plan poliert, versilbert und lackiert; die auf diese Fläche senkrecht auftreffenden Strahlen werden in sich selbst zurückgeworfen und durchlaufen das Prisma ein zweites Mal in umgekehrter Richtung, wodurch die Dispersion verdoppelt wird. Das Fernrohr *Ok*-*O* vereinigt Kollimator und Beobachtungsrohr in sich. Das Licht wird von dem Prisma P_2 auf den Spalt *Sp* reflektiert, tritt aus dem Objektive *O* als paralleles Büschel aus und in das Prisma ein, kehrt an der versilberten Rückfläche *BC* um und wird in der Brenn-

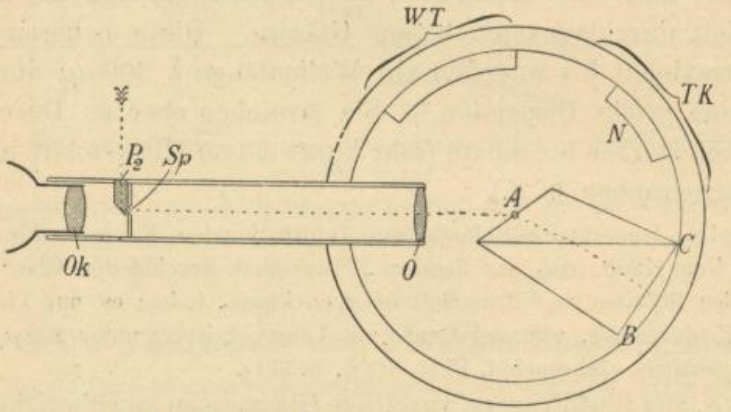


Fig. 30. Pulfrichs Autokollimations-Spektralapparat.

ebene des Objektivs zu einem reellen Spektrum vereinigt, das man mit dem Okulare *Ok* betrachtet. Mit *WT* ist die Wellenlängenteilung, mit *TK* der Teilkreis und mit *N* der Nonius bezeichnet.

Pulfrichs Autokollimations-Spektroskop wurde für spektrographische Zwecke eingerichtet (F. Löwe, Zeitschr. f. Instrumentenkunde, Nov. 1906).

Über einen Spektrographen zur Photographie des Infrarot s. Hans Lehmann, Zeitschr. f. Instrmentenkunde, Dez. 1906.

Verwendung von Teleobjektiven.

Um die viel Raum erfordernde Aufstellung von Spektrographen mit Objektiven von 1 m Fokus zu vermeiden und dennoch eine gute Auflösung der photographierten Spektren zu erzielen, verwenden H. Lehmann, W. Wien (Zeitschr. f. wissensch. Phot. 1903, I, S. 41) und J. Zenneck sogen. photographische Teleobjektive

1) C. Pulfrich, Über eine neue Spektroskopkonstruktion, Zeitschrift für Instrumentenkunde XIV (1894), S. 354.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

(Busch-Objektiv Omnar, 25 cm Fokus und Telelinse). Bei mäßiger Kameralänge wird das Spektrumbild fünf- bis achtmal vergrößert und das Auflösungsvermögen des Apparates hierdurch gesteigert (Physik. Zeitschr. 1907, S. 29 und 384).

II. Einfluß der Glassorte auf den photographischen Effekt der Spektrographen.

Verschiedene zusammengesetzte Glassorten sind namentlich für die ultravioletten und violetten Strahlen verschieden durchlässig. Stark bleihaltiges Schwerflint (ebenso Thalliumglas, s. S. 21) absorbiert fast das ganze Ultraviolett; viel durchlässiger ist Leichtflint (bis etwa zur Fraunhoferschen Linie *O*) und Crownglas.[1]) Besonders gut lassen manche Sorten von Barytglas, Phosphat- oder Boratgläsern Ultraviolett durch (sog. „Uviolglas") und man konstruiert auch Spektrographen mit den neuen „Ultraviolett durchlässigen" Jenaer Gläsern. Diese neueren Glasarten lassen Ultraviolett bis ungefähr zur Wellenlänge λ 300 $\mu\mu$ durch, haben jedoch keine große Dispersion.[2]) Sie erreichen aber an Durchlässigkeit für das noch stärker brechbare (sehr kurzwellige) Ultraviolett niemals die Quarzspektrographen (s. d.).

Hartley bemerkte mit Recht am Internationalen Kongreß für angewandte Chemie in Rom 1906, daß das Jenaer „Ultraviolett durchlässige Glas" keineswegs den Quarz bei Studien im Ultraviolett ersetzen könne, indem es nur Licht bis etwa λ 3285 A. E. durchläßt, während Quarz mit Leichtigkeit bis unter 200 $\mu\mu$ zu photographieren gestattet (Jahrbuch f. Phot. 1906, S. 371).

Dicke, aus fünf Prismen verkittete Glasmassen gewöhnlicher Spektroskope à vision directe (s. o.) verschlucken viel mehr Ultraviolett als gewöhnliches weißes Leichtflint (drei Prismen) oder gute Kompoundprismen.

Die im Spektroskop à vision directe kombinierten Crown-Flintglasprismen mit grünlichem Schwerflint schwächen schon das sichtbare Violett sehr, wie aus Fig. 18 hervorgeht, dadurch sinkt die Wirkung

---

1) Die Durchlässigkeit von älteren optischen Gläsern für Ultraviolett hatten Miethe (Eders Jahrb. f. Phot. 1891, S. 168); Chardonnet (Compt. rend. 1882, Bd. 94, S. 1468), Schjerning (Dissertation, 1885) studiert. Die neuen Jenaer Glastypen wurden von Eder und Valenta im Ultraviolett untersucht (Denkschriften der kais. Akad. d. Wissensch. Wien, Mai 1894; Eder und Valenta, Beiträge zur Photochemie und Spektralanalyse 1904, I., S. 99). — H. A. Krüß untersuchte 1903 eine Anzahl optischer Gläser auf ihre Durchlässigkeit für ultraviolette Strahlen (Dissertation, Berlin 1903). Er fand Barytleichtflint und Borosilikat-Crownglas verhältnismäßig am besten durchlässig. — H. C. Vogel (Sitzungsber. d. Berl. Akad. d. Wiss. 1896, S. 1219) fand die Beobachtungen von Eder und Valenta bestätigt, wonach die Absorption nicht kontinuierlich wächst mit abnehmender Wellenlänge, sondern über längerem Spektralbereich nahezu konstant bleibt, um dann sprungweise zuzunehmen.

2) S. Riecke, Physikal. Zeitschr., 4. Jahrg., S. 751.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

des damit erhaltenen Sonnenspektrums auf Bromsilber- und Chlorsilber-Gelatineemulsion im Violett auffallend. Am stärksten tritt dies bei Chlorsilbergelatine (mit Eisencitrat-Entwickler) hervor, welche im Spektrographen mit Leichtflintglasprismen das Maximum der Wirkung bei *H* am Beginne des Ultraviolett zeigt (Fig. 31, Kurve 1: die punktierte Linie deutet das Resultat bei kürzerer Belichtung an), während im kleinen Spektrographen (à vision directe) das Maximum zwischen *G* und *F* liegt (Fig. 31, Kurve 2). Die Verschiedenheit der beiden Kurven, wie sie Fig. 31 zeigt, ist so groß, daß man kaum glaubt, dasselbe Silbersalz vor sich zu haben.

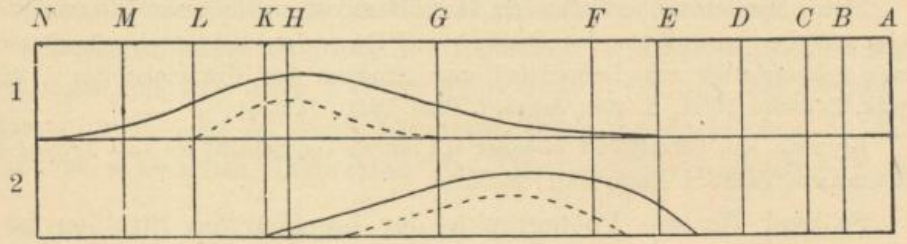


Fig. 31.

Kurve 1. Spektrumbild auf Chlorsilbergelatine mit dem großen Glasspektrographen.
Kurve 2. Dasselbe mit dem kleinen Spektrographen à vision directe.

III. Quarz-, Kalkspat- und Flußspat-Spektrographen.

Man mag Glassorten irgendwelcher Art verwenden, stets absorbieren sie mehr oder weniger das stärker brechbare Ultraviolett, so daß Glasprismen oder Linsen zum Studium dieses kurzwelligen Spektralbezirkes unbrauchbar sind.

Zur Aufnahme des ultravioletten Spektralgebietes kommen Bergkristall (Quarz) und Flußspat in Betracht; Kalkspat ist wegen geringerer Lichtdurchlässigkeit und der Möglichkeit der Verdoppelung der Linien zufolge Doppelbrechung weniger hierfür geeignet.[1]) Da farbloser reiner Flußspat derzeit kaum in größeren Stücken erhältlich, so haben wir uns nur mit Quarzspektrographen zu befassen, wenn es sich um große Lichtdurchlässigkeit im Ultraviolett kürzerer Wellenlänge handelt. Während das durchlässigste Glas („Uviolglas" von Jena) ultraviolettes Licht nur bis etwa zur Wellenlänge $\lambda = 328$ oder höchstens 300 $\mu\mu$ durchläßt, gelingt es mittels Quarzprisma und Linsen mit Leichtigkeit Licht bis zur Wellen-

1) Das Spektrum mit einem Kalkspatprisma (senkrecht zur Achse geschnitten) zeigte bei V. Schumanns photographischen Aufnahmen die Fraunhoferschen Linien völlig scharf; mit zwei oder mehreren konnte er trotz aller Sorgfalt keine klaren Spektra erhalten. Die schönen Liniengruppen im Ultraviolett sahen dann teilweise wie gewundene Säulenschäfte aus.

SLUB Wir führen Wissen.
gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

länge $\lambda = 200\,\mu\mu$ zu photographieren und bei langen Belichtungen bis zur lichtstarken Aluminiumlinie $185\,\mu\mu$ vorzudringen, vielleicht noch bis $\lambda\,182\,\mu\mu$. Auch mit Flußspat kann man, sobald man atmosphärische Luft im Apparat hat, nicht weiter vordringen.

Nach Pflüger ist die Durchlässigkeit des Quarzes, Kalkspats, Steinsalzes, Flußspats, Glyzerins und Alkohols bis ungefähr λ 2800 und λ 2450 A.E. verhältnismäßig gut; von λ 2450 nimmt die Durchlässigkeit bei Kalkspat, Alkohol und Quarz rasch, bei Steinsalz langsam ab. Während Glyzerin, Alkohol und Kalkspat unterhalb λ 2100 A.E. fast völlig undurchsichtig sind, beträgt die Absorption von Steinsalz und Quarz für λ 1860 nur 30% der eindringenden Lichtstrahlen; für Glyzerin zeigt die Absorptionskurve bei λ 2750 einen Buckel (Physik. Zeitschrift 1904, Bd. 5, S. 215).

Steinsalzprismen übertreffen an Durchlässigkeit im äußeren Ultraviolett diejenigen aus Bergkristall um das Dreifache. Pflüger versieht Steinsalzprismen mit dünnen Schutzplatten aus Bergkristall zum Studium des Ultraviolett bis λ $210\,\mu\mu$ (Physik. Zeitschr. 1909, S. 406; Jahrb. f. Phot. 1910, S. 366).

Glyzerin läßt Ultraviolett in einer 0,1 mm dicken Schicht bis zu λ $227\,\mu\mu$ durch (Schumann, Jahrb. f. Phot. 1901, S. 592).

Störend für die Photographie der brechbarsten Strahlen ist die starke Absorption dickerer Luftschichten für Ultraviolett kürzester Wellenlänge. Diesen Umstand erkannte und studierte V. Schumann; er führte den sog. Vakuumspektrographen ein, bei welchem die Luft im Inneren ausgepumpt ist (s. u.). Auch kommt Füllung des Apparates mit Wasserstoff (anstatt mit Luft) in Betracht; ferner werden Spezial-Bromsilberplatten benutzt (s. S. 54).

Die eigentümlichen optischen Eigenschaften des Quarzes (die Linear- und Zirkularpolarisation) machen ganz besondere Vorkehrungen bei der Anfertigung brauchbarer Quarzprismen notwendig. Das Prisma muß so aus dem Quarz geschnitten werden, daß seine brechende Kante senkrecht zur optischen Achse steht und seine brechenden Flächen gleiche Winkel mit dieser einschließen; ferner muß (nach Cornu) das Quarzprisma zweiteilig sein, indem es aus je einer rechts- und einer linksdrehenden Prismenhälfte zusammengesetzt ist, jedes mit gleich großem brechenden Winkel von 30°.

Linsen aus senkrecht zur Achse geschnittenen Quarzplatten liefern Fr. Schmidt & Haensch in Berlin, Steinheil in München, Krüß in Hamburg, B. Halle in Berlin-Steglitz, Fueß in Berlin u. a.

Fig. 32 zeigt ein sog. Cornusches Quarzprisma (Bergkristallprisma). Bei seiner Verwendung müssen sowohl das Kollimatorobjektiv als die photographische Kamera mit Quarzlinsen versehen sein. Der Verfasser arbeitet mit einer Quarzlinse von 75 cm Fokus (für die gelbe Natriumlinie) und für größere Bildausdehnung mit einer Linse von 100 cm Fokus. Die Linsen sind plankonvex und senkrecht zur optischen Achse geschnitten.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Infolge der Verwendung nicht achromatisierter Quarzlinsen[1]) muß die empfindliche Platte stark gegen die Achse der Kameralinse geneigt werden; die Vereinigungsweite der ultravioletten Strahlen ist nämlich bei den obigen Bedingungen bedeutend kürzer als jene der roten und gelben.

Die Lage der empfindlichen Platte muß der Lage und Krümmung der Brennfläche der Quarzlinsen angepaßt werden.

Bei dem vom Verfasser verwendeten Apparat beträgt die Schiefstellung der Platte ungefähr 25 Grad, d. i. der Winkel, den die Platte mit der Linsenachse einschließt. Durch diese Schiefstellung der Platte wird das Spektrumbild um das Zweieinhalbfache verlängert.

Es wächst somit scheinbar die Dispersion [wie bereits Schumann[2]) aufmerksam macht], aber freilich auch das Verhältnis der Breite der Spektrumlinien. Es ist diese Längenzunahme des Spektrums, in Anbetracht der schwachen Dispersion des Quarzes, ein namhafter Vorteil,

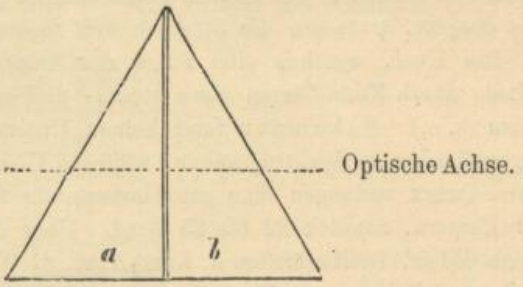


Fig. 32. Cornusches zweiteiliges Bergkristallprisma.
a rechtsdrehender Quarz. — *b* linksdrehender Quarz.

und da sie lediglich aus der Chromasie der Kameralinse resultiert, so ist die einfach chromatische Quarzlinse einem achromatischen Quarz-Flußspatobjektiv in diesem Fall entschieden vorzuziehen.

Das Plattenformat für die Spektrumphotographien im Quarzspektrographen des Verfassers ist 30 cm Länge und 8 cm Breite.

Durch Anwendung des Lockyerschen Spaltes mit Riegeln lassen sich bei ungeänderter Lage der photographischen Platte fünf Spektrumaufnahmen übereinander machen. Die Kassette kann 4—5mal verschoben werden, so daß auf eine Platte 4—5 Aufnahmen mit voller

1) Cornu empfahl Achromate aus Quarz und reinem Flußspat (Cornu, Darstellung des photographischen Spektrums von Violett bis zur Linie Nr. 32 des Aluminium auf derselben Platte. Eders Jahrbuch für Photographie für 1889, S. 267). Jedoch sind solche Achromate kaum mehr erhältlich und auch überflüssig. — Die Kombination von Quarz- und Kalkspatlinsen zur Herstellung von Achromaten für Ultraviolett bietet keine Vorteile (V. Schumann).

2) Eders Jahrbuch für Photographie für 1889, S. 233.

SLUB Wir führen Wissen.
gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Spaltbreite, oder 20—25 Aufnahmen mit partiell geöffneter Spalte sich machen lassen.

Selbstverständlich ist die Dispersion des Quarzspektrographen in optisch hellem (sichtbarem) Spektrum gering.

Die Ausdehnung des Spektrums von der gelben Na-Linie (D) bis zum Ende des Violett (Linie H des Sonnenspektrums) beträgt $3^1/_2$ cm, dagegen ist die Länge des ultravioletten Spektrums H ($\lambda = 3968$) bis zur Kadmiumlinie (λ 2147) = 20 cm.

Schon Crookes verwendete 1854 und 1856 bei seinen photographischen Untersuchungen über das Sonnenspektrum eine Quarzlinse und zwei Quarzprismen (Poggend. Ann. Bd. 97, S. 616). Auch Müller (Pogg. Ann. Bd. 97, S. 616) arbeitete mit Quarzprismen. Hughins beschäftigte sich seit 1876 mit der Photographie der Sternspektra und erzeugte selbe mittels eines Prismas aus isländischem Kalkspat und zwei Quarzlinsen (Compt. rend. Bd. 91, S. 70. Naturforscher 1880, Bd. 13, S. 89). Cornu nahm 1878 das ultraviolette Sonnenspektrum mit einem Quarzspektroskop auf (Beibl. Annal. Phys. Chem. 1878, S. 339). Gegenwärtig sind die Quarzspektrographen sehr verbreitet.

Ein einfaches senkrecht zur Achse geschnittenes Quarzprisma gibt die Linien des Spektrums doppelt, trotzdem die Strahlen den theoretisch richtigen Gang haben (Schumann). Das Übel, welches eine Folge der Doppelbrechung ist, kann nach Cornus Methode durch Kombinieren eines rechts- und eines linksdrehenden Prismas beseitigt werden (s. o.). Schumann fand keinen Unterschied zwischen bikonvexen und plankonvexen Linsen im Spektrographen, während Cornu plankonvexe vorschreibt. Die Linsen aus Quarz verlangen eine ganz bedeutende Schiefstellung der Platte zur Rohrachse der Kamera, nämlich 22 bis 25 Grad. Über die Konstruktion von Quarzspektrographen s. Eder, Denkschriften d. Kais. Akad. d. Wissensch. Wien, 1890; auch Eder und Valenta, Beiträge zur Photochemie und Spektralanalyse 1904, Teil I, S. 5. Insbesondere s. Schumann, Sitzungsber. d. Kais. Akad. d. Wissensch. Wien, Mathem.-naturwissensch. Kl, 1893, Bd. 102; Eders Jahrb. f. Phot. 1890, S. 158; 1891, S. 217; C. Leiß, Zeitschr. f. Instrumentenkunde, Nov. 1897.

Der Einfluß der Substanz des Prismas auf die Ausdehnung des Spektrums, sowie die Lage des Maximums der Wirkung auf Bromsilbergelatineplatten geht aus Fig. 33 deutlich hervor. Dieselbe zeichnete der Verfasser nach den von Schumann in Leipzig mit großer Sorgfalt hergestellten und vergleichenden Aufnahmen mittels eines Spektrographen mit Quarz-Kalkspatlinsen und verschiedenen Prismen von 60 Grad.

Die Länge der Spektren und der Abstand der Fraunhoferschen Linien in Fig. 33 zeigt die Verschiedenheit der Dispersion von Prismen aus Quarz, Kalkspat, Schwerflint- und Leichtflintglas. Die Erhebung der Kurve repräsentiert die Intensität des photographischen Bildes und die Lage der Maximalwirkung auf Bromsilbergelatine.

Mittels des Quarzprismas erhält man ein Sonnenspektrum bis über R im Ultraviolett (nach Cornus Benennung); mit Kalkspat erstreckt sich bei gleicher Belichtung die Wirkung nicht so weit ins Ultraviolett, nämlich bis über P; mit Schwerflintglas reicht die Wirkung

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

nicht einmal bis zur Grenze des sichtbaren Violett, nämlich bis zur Hälfte der Distanz von H bis G; mit Leichtflintglas dagegen bis gegen N im Ultraviolett. Das Maximum der Wirkung lag bei Quarz und Kalkspat weiter gegen G, bei Glas mehr gegen F zu.

Für die photochemischen Laboratoriumsarbeiten erscheint am besten die Verwendung eines Quarzspektrographen mit einem sogen. Cornuschen Doppelprisma; die Einstellung des Apparates wird in der Regel so vorgenommen, daß das gesamte sichtbare Spektrum vom sichtbaren Teile bis zum brechbarsten Ultraviolett auf einer Platte mit befriedigender Schärfe photographiert wird.

Mit derartigen Quarzspektrographen erhält man Spektrumbilder von $\lambda = 7600$ (Rot) bis $\lambda = 1988$ (Aluminium Nr. 30) mit vollkommen scharfer Definition, welche das Ausmessen mit größter Genauigkeit

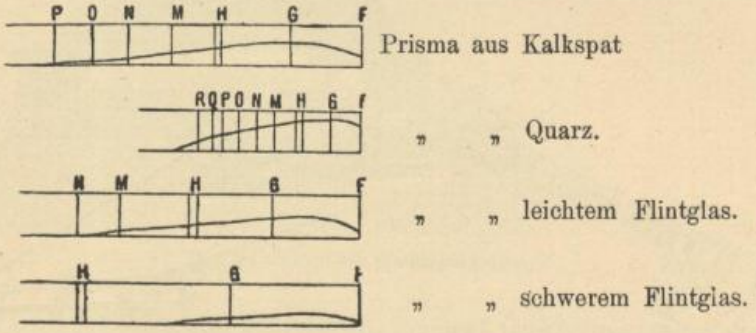


Fig. 33.

Wirkung des mittels verschiedener Prismen erzeugten Sonnenspektrums auf Bromsilbergelatine.

gestatteten; bei längerer Belichtung kann man bis zur Aluminiumfunkenlinie λ 1854 vordringen.

Fig. 2 auf Tafel III zeigt die Aufnahme des Sonnenspektrums auf einer panchromatischen Bromsilbergelatineplatte mit dem Quarzspektrographen des Verfassers. Man kann den Verlauf des Spektrums von Rot bis ins Ultraviolett (Fraunhofersche Linie A bis R) verfolgen.

Der Verfasser photographierte mit einem solchen Apparat wiederholt ultraviolette Spektren mit vorzüglicher Definition und publizierte sie in den Schriften der Wiener kaiserlichen Akademie der Wissenschaften; ferner enthält der „Atlas typischer Spektren" von Eder und Valenta (1911) viele Flammen-, Funken- und Bogenspektren der meisten Elemente in heliographischer Abbildung.

Einer dieser Apparate ist von Schumann konstruiert (mit Bergkristallinsen von 75 cm Fokus), ein anderer von Gothard nach den

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Angaben des Verfassers mit Bergkristallinsen von 1 m Fokus; seine äußere Form entspricht ungefähr der in Fig. 34 abgebildeten.

Fig. 34 zeigt den vom Verfasser benutzten[1]) Schumannschen Quarzspektrographen mit einem Cornuschen Doppelprisma (bei *e*), Quarzlinsen (bei *d*, *f*), Holzkamera (*g*) und schräg gestellter Kassette (*h*) und Quarzkondensor (vor der Spalte bei *a*). Der große Quarzspektrograph des Verfassers mit Linsen von 1 m Fokus besitzt eine ähnliche Konstruktion und ein ähnliches Aussehen wie der in Fig. 25 abgebildete Glasspektrograph des Verfassers. Auch der Quarzspektrograph enthält Vorrichtungen zum Drehen des Prismas, zum Einstellen von Kollimator- und Kameraobjektiven, eine Balgkamera und eine verstellbare und verschieden stark schräg zu stellende Kassette.

Die Tafel VI zeigt die Aufnahmen des Sonnenspektrums mit dem großen Quarzspektrographen des Verfassers. In Fig. 1 kann man den

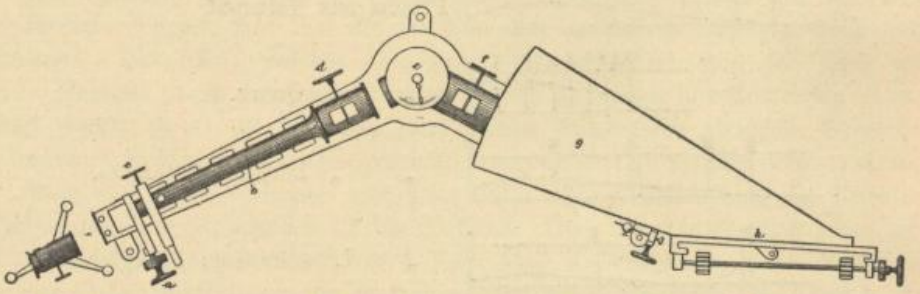


Fig. 34. Quarzspektrograph mit einem Cornuprisma, schräger Kassette und Holzkamera.

Verlauf des Sonnenspektrums von Rot bis zur ultravioletten Fraunhoferschen Linie *S* verfolgen; und zwar beträgt die Länge dieser Spektralzone zirka 11 cm. Während Fig. 1 auf einer panchromatischen, mit einem Gemisch von Pinacyanol und Orthochrom sensibilisierten Trockenplatte photographiert wurde, zeigt die Fig. 2 die Photographie des Sonnenspektrums auf einer gewöhnlichen Bromsilbergelatine-Trockenplatte, wobei sich die Wirkung von Blaugrün bis ins Ultraviolett erstreckt. Fig. 3 zeigt dasselbe Spektrum nach Vorschalten einer gewöhnlichen Glasplatte vor den Spalt des Spektrographen, wobei die Absorption des äußeren Ultraviolett durch das Glas ersichtlich ist.

Steinheil verwendet bei seinem (in Fig. 35 abgebildeten) Quarzspektrographen Linsen von nur 40 cm Brennweite und ein Cornuprisma. Die Möglichkeit, sowohl das Prisma als die Brennweite zu bewegen und die Kassette zu neigen, gestatten ein scharfes Einstellen.

---

1) S. Eders Jahrbuch f. Phot. 1895, S. 421. Eder und Valenta, Beiträge zur Photochemie und Spektralanalyse 1904, S. 5.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Der in Fig. 36 abgebildete Quarzspektrograph von Adam Hilger in London ist einfacherer Konstruktion. Er besitzt ein Cornuprisma und Quarzlinsen von ungefähr 60 cm Fokus und liefert eine Spektrumphotographie von Rot bis Ultraviolett $\lambda = 210\,\mu\mu$ bei einer Länge von etwa 19 cm.

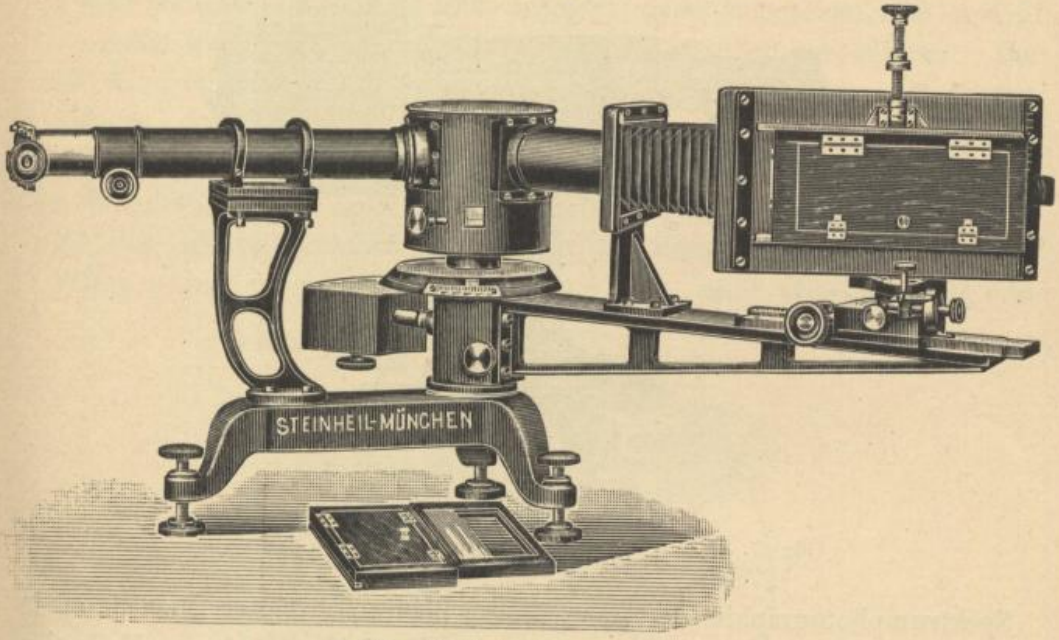


Fig. 35. Steinheils Quarzspektrograph.

R. Fueß in Steglitz bei Berlin erzeugt Quarzspektrographen nach Schumann in mehreren Modellen.[1]) Das kleine Modell besitzt Quarzlinsen von 15 cm Fokus (für Na-Licht). Das Spektrum findet

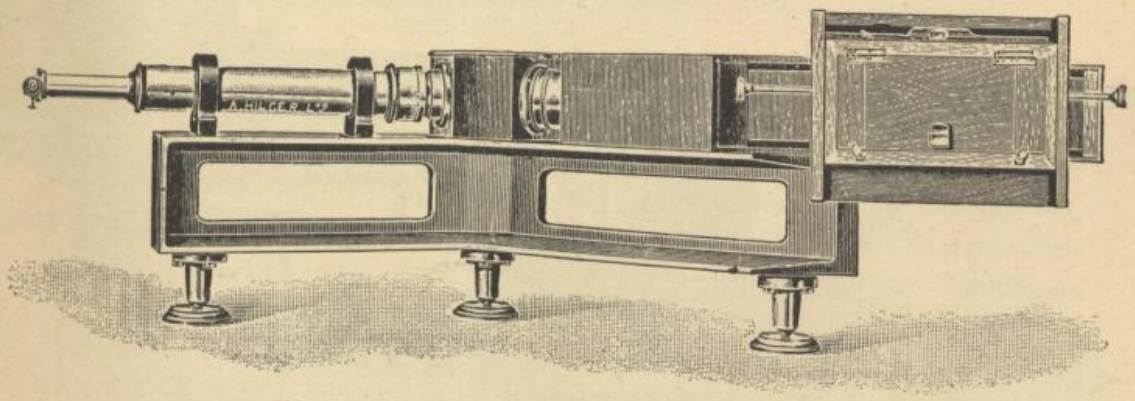


Fig. 36. Quarzspektrograph von Adam Hilger in London.

im Gebiete von $480\,\mu\mu$ bis $185\,\mu\mu$ auf einer 9 cm breiten Platte Platz. Fig. 37 zeigt die Außenansicht. Die sehr geringe Dispersion gestattet

1) S. C. Leiß, Zeitschr. f. Instrumentenkunde, Nov. 1897.

nur die Verwendung zu Spezialzwecken, bei welchen große Lichtstärke, aber geringe Definition verlangt wird. Tafel VI zeigt die Reproduktion dieser sehr kurzen Spektren, welche man mit der wohldefinierten

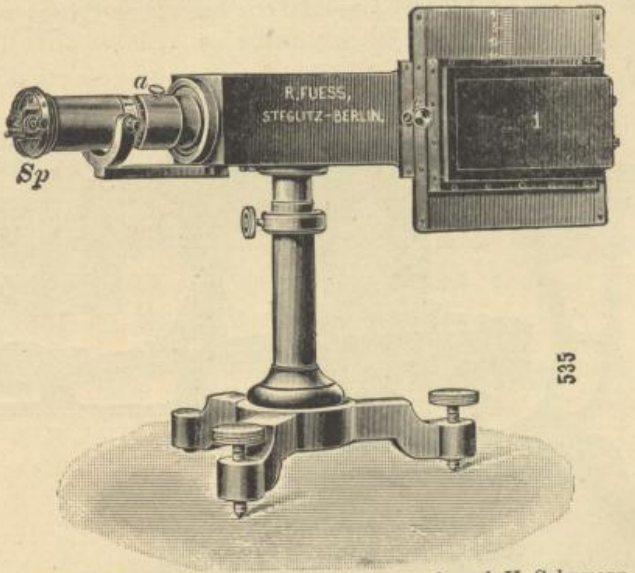


Fig 37. R. Fueß' kleiner Quarzspektrograph nach V. Schumann.

Spektrumphotographie derselben Metallspektren größerer Dispersion in Tafel III vergleichen möge. Der Verfasser empfiehlt für bessere Definition Quarzspektrographen, deren Linsen mindestens 60 cm und nicht über 100 cm besitzen.

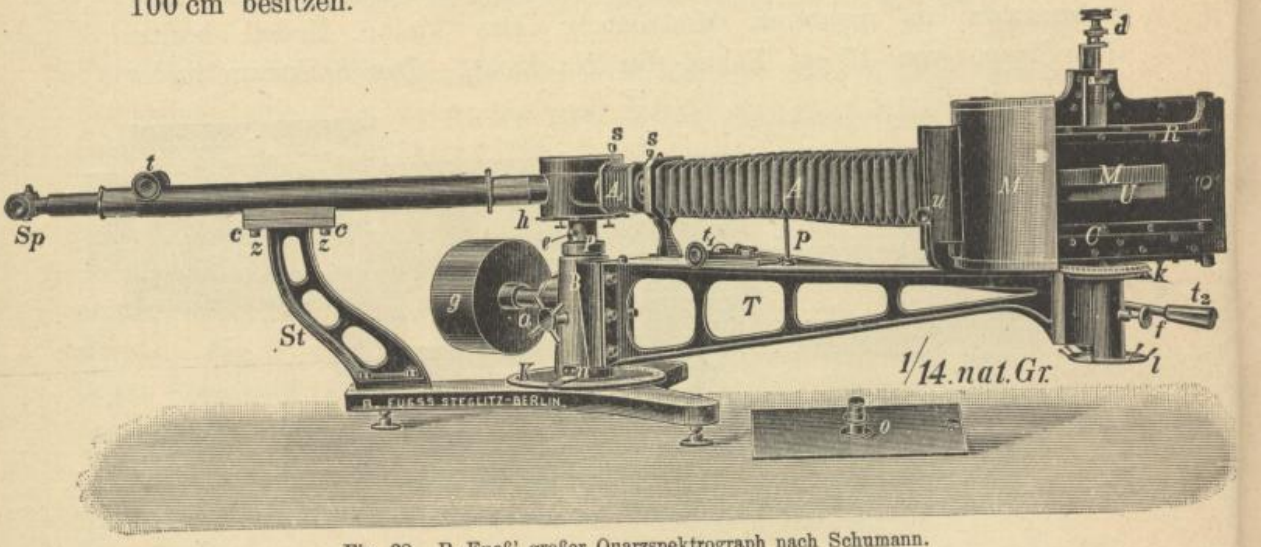


Fig. 38. R. Fueß' großer Quarzspektrograph nach Schumann.

Größere Spektralphotographien, welche namentlich im brechbareren Ultraviolett große Ausdehnung besitzen, liefert der Fueßsche große Quarzspektrograph nach Schumann (Fig. 38).

Die Brennweite der Objektivlinsen beträgt bei diesem Modell 800 mm für gelbes Natriumlicht. — Der Kollimator trägt bei *Sp* einen Spalt mit Stahlschneiden, am anderen Ende die Quarzlinse. Die Trommel bei *h* enthält das Cornusche Prisma. Die Visierscheibe der Kassette *R* ist zur Hälfte aus Mattglas und Uranglas zusammengesetzt, um sowohl den roten als auch den ultravioletten Teil einstellen zu können. Der aus Aluminium gefertigte Träger *T* der Kamera ist um eine lange konische Achse drehbar und fixierbar; das gesamte Gewicht des Trägers usw. ist in geeigneter Weise durch das Gewicht *g* entlastet, so daß die Drehung spielend leicht erfolgt. Die Stellung der Kamera- und der Kollimatorachse sind direkt an dem Teilkreis *K* und dem Nonius *n* bis auf 5′ abzulesen. — Der von einer abnehmbaren Ver-

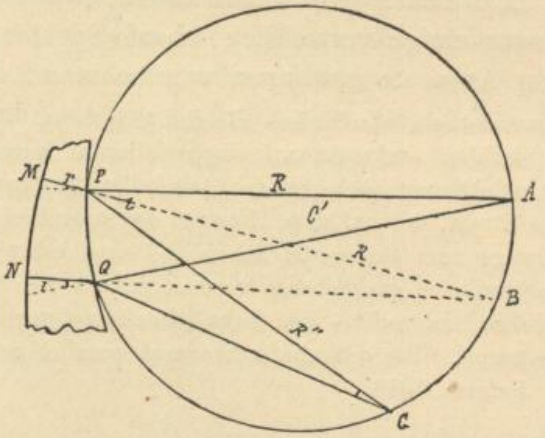


Fig. 39. Férys Spektrograph mit versilberter, gekrümmter, reflektierender Prismenfläche.

dunklungskammer umgebene justierbare Prismatisch kann selbständig um eine Achse gedreht und fixiert werden. — Der Spaltschlitten besitzt zu seiner Fokusierung eine lange, durch Zahn und Trieb zu bewegende und mit Teilung versehene Auszugsröhre. Die Backen des Spaltes sind aus hartem Stahl gefertigt. An der Trommel der Mikrometerschraube ist das $^1/_{1000}$-mm ablesbar. Die größte verfügbare Spaltlänge beträgt 15 mm. — Das Kameraobjektiv ist durch seine sehr ausgiebige exakte Schlittenführung beweglich. Die Bewegung erfolgt entweder direkt mittels des Knopfes t^1 oder mit Hilfe des Griffes t^2. Zwei Anschlußbälge stellen die lichtdichte Verbindung zwischen Prismagehäuse und Objektiv einerseits und zwischen Objektiv und Kassettenteil andrerseits her. Der Balg A^1 ist leicht ausschaltbar behufs Justierung des Apparates usw. — Die Regelung der Belichtungszeiten erfolgt mit den Knöpfen *u*, mittels derer man eine Lichtklappe schließt und öffnet.

P. Lewis beschreibt einen Quarzspektrographen mit zwei Cornu-Prismen und Linsen von 1 m Brennweite (Astrophysik. Journ. 1906, Bd. 23, S. 390; Beibl. Annal. Phys. 1906, S. 1137).

Einen neuen Spektrographen mit gekrümmter, versilberter Reflexionsfläche aus Quarz (Fig. 39) konstruierte C. Féry (Compt. rend., 24. Februar 1910; Eders Jahrb. f. Phot. 1910, S. 360). In Fig. 39 ist A das Zentrum der Krümmung der Prismenfläche PQ; wird bei C ein Spalt angebracht, so fallen die Strahlen nach P und Q und haben den gleichen Brechungswinkel bei r. Die Strahlen PM und QN schneiden sich in ihrer Verlängerung bei B; dieser Punkt ist der Krümmungsmittelpunkt der zweiten Prismenfläche. Nach der Reflexion des durch den Spalt einfallenden Strahles an der versilberten Fläche MN werden die Strahlen neuerdings bei P und Q gebrochen, und man erhält ein Spektrum nächst C, welches sehr scharf und lichtstark ist. Féry übersandte dem Verfasser einige vortrefflich scharfe Spektrumphotographien, welche mit diesem Apparate gewonnen worden waren.

Stanley verwendet ein einfaches Bergkristallprisma, läßt die durch das Prisma gegangenen Strahlen senkrecht auf einen polierten Metallspiegel fallen und dann in sich selbst reflektieren (nach Art der Autokollimationsmethode, S. 40). Dadurch wird derjenige Strahl, der auf dem Hinwege der ordentliche polarisierte Strahl war, auf dem Rückwege zum außerordentlichen und umgekehrt. Dadurch wird die Verdopplung der Spektrallinien ganz ebenso vermieden, wie bei der Verwendung der Cornuschen Halbprismen aus rechts- und linksdrehendem Quarz und die Dispersion auf das Doppelte gesteigert. Die optische Achse muß parallel zur Basis des Prismas gehen (Astrophysic. Journal, 1910).

SLUB Wir führen Wissen.
gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

VIERTES KAPITEL.

PHOTOGRAPHIE DES ULTRAVIOLETT KÜRZESTER WELLENLÄNGE. — GITTERSPEKTROGRAPHEN.

Um im Ultraviolett in das Gebiet kürzester Wellenlänge einzudringen, muß man die Luft und die Gelatine oder Kollodium oder Eiweiß ausschalten, welche alle das brechbarste Ultraviolett stark absorbieren. Durch Anwendung eines luftleeren Spektrographen (Vakuumspektrographen) und bindemittelfreier photographischer Platten erforschte V. Schumann das bis dahin unbekannte Spektralgebiet kürzester ultravioletter Lichtstrahlen bis ca. λ 1000 Å. E. Man nennt dieses Gebiet dasjenige der „Schumannschen Strahlen".

Gewöhnliche Quarzspektrographen und gewöhnliche photographische Platten, sowie das übliche Arbeiten an atmosphärischer Luft gestatten nicht das Vordringen in dieses Strahlengebiet und zwar aus folgenden Gründen:

Die atmosphärische Luft absorbiert die Strahlen des brechbarsten Ultraviolett in weit höherem Maße als früher angenommen wurde. Eine Luftschicht von 1 mm Dicke und 760 mm Druck scheint alles Licht jenseits der Wellenlänge 170 $\mu\mu$ zurückzuhalten. Unter den Luftbestandteilen wirkt am kräftigsten absorbierend der Sauerstoff[1]), dann die Kohlensäure. Dagegen ist Stickstoff viel durchlässiger; der in der Luft enthaltene Wasserdampf absorbiert sehr wenig brechbarstes Ultraviolett.

Der Wasserstoff ist für das brechbarste Ultraviolett leicht durchlässig.

Quarz ist zur Beobachtung der kleinsten Wellenlängen nicht geeignet. Ihm fehlt die nötige Durchlässigkeit. Besser ist farbloser Fluorit, eventuell Steinsalz (s. S. 44). Mittels des Vakuumspektrographen stellt V. Schumann fest, daß eine Quarzplatte von 0,5 mm Dicke schon alles Licht jenseits 150 $\mu\mu$ absorbiert, während weißer Flußspat bis 100 $\mu\mu$ viel durchlässiger als Quarz ist.

1) Nach Wartenberg absorbiert Sauerstoff das äußerste Ultraviolett bei 0° C von ca. 186 $\mu\mu$; beim Erhitzen bis auf 1800° C breitet sich die Absorption nach den längeren Wellen bis über 300 $\mu\mu$ aus (Physikal. Zeitschr. 1910, S. 1172).

SLUB Wir führen Wissen.
gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Ein Gelatinehäutchen von 0,02 mm Dicke ist für ultraviolette Strahlen von kleinerer Wellenlänge als etwa $\lambda = 2300$ undurchlässig und selbst äußerst dünne Gelatinehäutchen von 0,00004 mm lassen die Strahlen bei λ 1854 nur wenig durch. Die Undurchlässigkeit der Gelatine ist ein Haupthindernis der Photographie etwa vorhandener, jenseits der Wellenlänge 1820 liegender Spektrumlinien mittels Bromsilbergelatine (Schumann).[1])

Der Vakuumspektrograph kommt nur dann zur vollen Wirksamkeit, wenn man bindemittelfreie Bromsilberplatten nach Schumann verwendet; unter Beibehaltung von Quarzprisma und der die brechbarsten Strahlen stark absorbierenden Gelatine der gewöhnlichen Gelatineplatten führen die Spektrumphotographien selbst in einem evakuierten Apparate nur bis zur Wellenlänge 1820. Benutzt man hingegen die Schumannschen bindemittelfreien Platten und wendet man nur Prisma und Linsen (Fokus 12 cm) aus weißem Flußspat an, so kann man das Spektrum bis zur kürzesten Wellenlänge von $\lambda = 1000$ verfolgen.

V. Schumann stellt seine ultraviolettempfindlichen „bindemittelfreien" Bromsilberplatten durch Mischung von Silbernitrat mit Bromkalium und etwas Jodkalium in stark verdünnter Lösung mit nur 1 % Gelatinegehalt (bei Lichtabschluß) her. Diese Emulsion scheidet langsam einen äußerst feinen Niederschlag von Bromsilber (resp. Bromjodsilber) aus, welchen man auf horizontale Glasplatten (welche zuvor mit einer Gelatineschicht überzogen wurden) absetzen läßt, wobei sich ein gut deckender lichtempfindlicher Überzug auf der Platte ablagert und auf der gelatinierten Glasplatte haftet.[2]) Diese Platte ist besonders für Ultraviolett von Wellen unter λ 2200 zu empfehlen.

A. Miethe fand, daß wirklich bindemittelfreie Bromsilberschichten sich für das Ultraviolett als nahezu unempfindlich erwiesen; läßt man aber solche Schichten auf einer Platte absetzen, die mit einem organischen Kolloid (Gelatine) überzogen ist, so steigt die Empfindlichkeit sehr bedeutend an. Es sei denkbar, daß die Aufnahme der kurzwelligen Strahlen durch eine Fluoreszenz des Kolloids ermöglicht werde (Phot. Korresp. 1909, S. 447; Eders Jahrb. f. Phot. 1910, S. 486).

Über die Photographie des Ultraviolett kleinster Wellenlänge mittels bindemittelfreien Bromsilbers durch Schumann s. Eders Photochemie, Bd. I, 2. Teil 3. Aufl., 1906, S. 6 und 250 von Eders Ausführl. Handb. d. Phot., ferner Bd. III, 5. Aufl., S. 22. — Ferner Kayser, Handb. d. Spektroskopie.

---

1) Jahrb. f. Photogr. 1891, S. 222.

2) Nähere Details s. V. Schumann, Sitzungsber. d. Kais. Akad. d. Wissensch. Wien 1893, Bd. 102, IIa, S. 994. — Kayser, Spektroskopie I, S. 621.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Der Vakuumspektrograph von V. Schumann wird von R. Fueß in Steglitz bei Berlin auf Grund der Schumannschen Angaben[1]) ausgeführt und die genauen Konstruktionsdetails sind von C. Leiß gegeben (Zeitschr. f. Instrumentenkunde, Dez. 1897).

Fig. 40 zeigt diesen Vakuumspektrographen. Der optische Teil des Apparates besteht aus zwei Fluoritlinsen von 120 mm Brennweite und einem Fluoritprisma von 70° brechendem Winkel. Das Plattenformat ist $12{,}5 \times 37$ mm.

Die Büchse B enthält das Prisma, D ist das Kamerarohr, C das Spaltrohr, ihre Achsen sind in verschiedene Winkel verstellbar und der

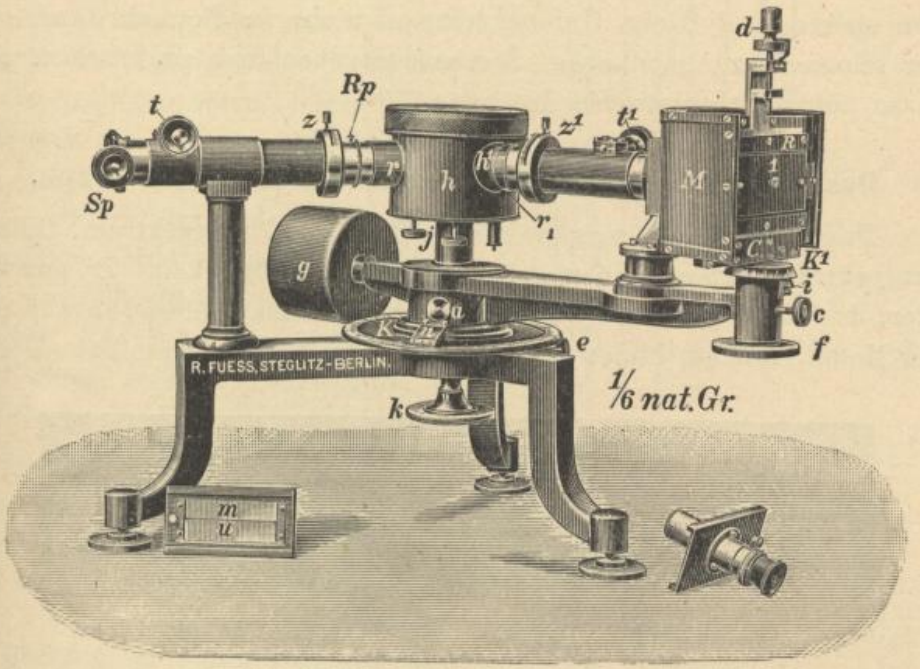


Fig. 40. Schumanns Vakuumspektrograph.

Index a gestattet die Ablesung des Winkels an der Kreisteilung b. Der Spalt bei G ist mittels der Schraube n verstellbar. Alle Teile schließen hermetisch, so daß mittels einer Luftpumpe die Luft ganz aus dem Apparate ausgepumpt werden kann. (Nähere Details s. C. Leiß, Zeitschr. f. Instrumentenkunde 1897, 17. Jahrg., S. 357.)

V. Schumann bestimmte die Wellenlänge der brechbarsten ultravioletten Linien des Spektrums des Wasserstoffs und anderer Elemente mit seinem Vakuumspektrographen, der ein Meisterwerk genialer Konstruktion und präziser Forschungsresultate ist.

---

1) Vgl. Schumann, Sitzungsber. d. Kais. Akad. d. Wissensch. Wien 1893 (mit genauen Zeichnungen).

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Später konstruierte H. Kayser einen Vakuumspektrographen mit Gitter und Verschlußplatten von Fluorit (Kayser, Handb. d. Spektroskopie 1900, I, S. 635).

C. Runge[1]) bestimmte 1895 in einem solchen Vakuumspektrographen mit Rowlandschem Konkavgitter die Wellenlänge der brechbarsten Aluminiumlinien, welche allerdings später Eder u. Valenta[2]) auch mittels des Quarzspektrographen maßen.

Lyman maß die Wellenlängen des Wasserstoffspektrums im Gebiete der Schumannschen Strahlen bis λ 1200, und auch über Metallspektren kürzester Wellenlänge liegen mehrfach Untersuchungen vor.

Diese Spezialapparate kommen für gewöhnliche photographische oder spektralanalytische Untersuchungen nicht in Betracht und sind sehr schwierig zu handhaben. Sie beanspruchen kein praktisches, aber um so höheres theoretisches Interesse.

Das Diffraktionsspektrum und der Gitterspektrograph.

Das sogen. Beugungsspektrum (Fig. 41) (Gitterspektrum, Diffraktionsspektrum) erlangte in neuerer Zeit große Wichtigkeit. Es entsteht, indem das Licht durch ein Gitter fällt, welches aus zahlreichen auf Glas oder Metall geritzten Linien besteht. Das Beugungsspektrum hat vor dem

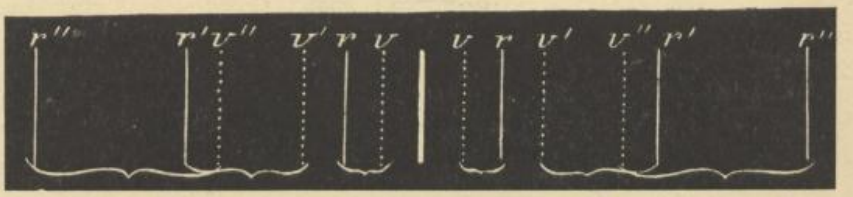


Fig. 41. Schematische Darstellung der Erscheinungen im Beugungsspektrum.

Brechungsspektrum (mittels des Prismas) den Vorzug, daß die Ablenkung der Strahlen der Wellenlänge proportional ist; das ist ein wesentlicher Unterschied von dem Brechungsspektrum, in dem die stärker brechbaren Strahlen eine verhältnismäßig viel stärkere Ablenkung erfahren, als die schwächer brechbaren, so daß das blaue Ende des Spektrums gegenüber dem roten ungewöhnlich in die Breite gezogen erscheint. Wenn auf ein Gitter paralleles weißes Licht aus einer Spalte fällt, welches mit Hilfe einer achromatischen Linse wieder vereinigt ist, so sieht man senkrecht im Gitter ein unabgelenktes weißes Bild der Spalte; rechts und links liegen eine Reihe von Spektren, deren Helligkeit in der

1) Astrophysic. Journal 1895, I, S. 433.

2) Eder u. Valenta, Normalspektren einiger Elemente im äußersten Ultraviolett. Denkschriften der Kais. Akad. Wissensch. Wien, Juli 1899.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Regel mit ihrer zunehmenden Länge abnimmt und zwar um so mehr, je größer die Ablenkung ist. Diese Spektra werden als erster, zweiter, dritter usw. Ordnung bezeichnet. Das Violett (v) dieser Spektren liegt dem unabgelenkten weißen Spaltbilde näher als das Rot (r) (s. Fig. 41). Zunächst erscheinen rechts und links von der Mitte des Gesichtsfeldes die beiden Spektren erster Ordnung, dann die Spektren höherer Ordnung, bei welchen dann die Farben der weiter abstehenden Spektren in das Nachbarspektrum übergreifen, so daß sich die Farben vermischen, wie in Fig. 41 ($r' v''$) angedeutet ist.

Die Helligkeit der Spektren verschiedener Ordnung ist aber praktisch bei den einzelnen Gittern sehr individuell variabel. Verfasser arbeitet mit einem kleinen Konkavgitter, bei welchem das Spektrum zweiter Ordnung im blauen Bezirke viel heller als das erster Ordnung ist; auch das Spektrum dritter und vierter Ordnung ist hell.

In Fig. 41a ist das Spektrum 1. Ordnung in seiner relativen Länge gegenüber den Spektren 2., 3. Ordnung usw. gezeichnet und überdies sind die Fraunhoferschen Linien des Sonnenspektrums eingetragen. Wie man sieht, kann man das Spektrum 1. Ordnung von Ultraviolett bis zur Fraunhoferschen Linie H photographieren, ohne die Beimischung der Linien 2. Ordnung fürchten zu müssen. Im Violett (λ 400 $\mu\mu$) mischt sich das Ultraviolett 2. Ordnung (λ 200 $\mu\mu$); im Rot das Ultraviolett 2. Ordnung von λ 300 $\mu\mu$ usw., kurz Licht halber

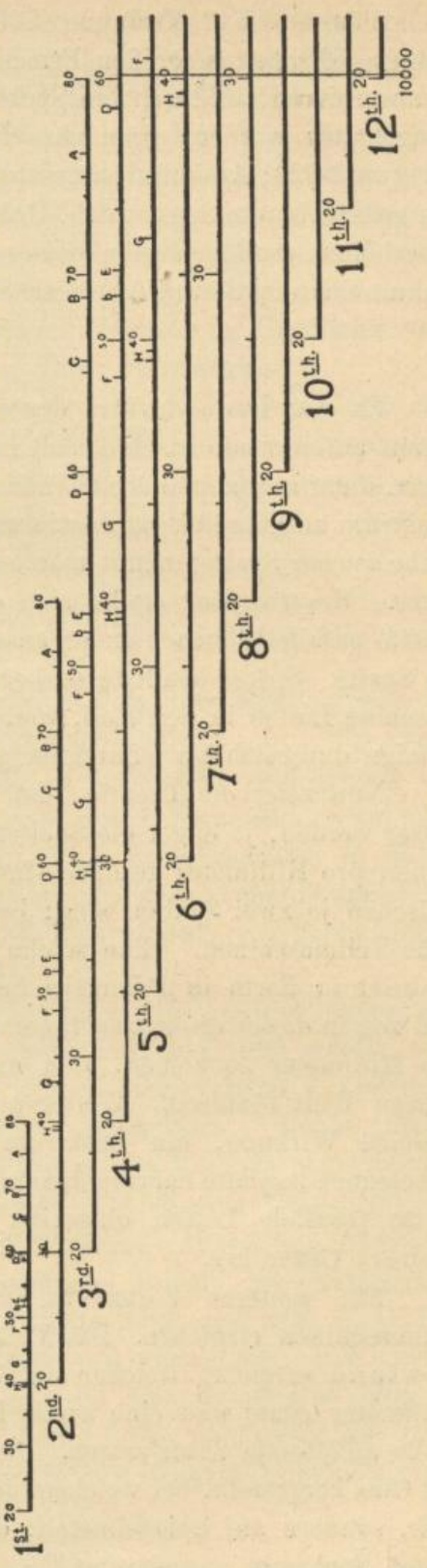


Fig. 41a. Übereinanderlagerung der Beugungsspektren verschiedener Ordnung.

Wellenlänge der 2. Ordnung fällt in das Spektrum 1. Ordnung. Es genügt Vorschalten weißen Fensterglases, um Licht bis etwa λ 300 $\mu\mu$ zu absorbieren, wodurch die Spektren 2. Ordnung vom Gelb 1. Ordnung ferngehalten werden; grünliches Fensterglas in 1 mm Dicke absorbiert bis etwa λ 320; Aeskulinlösung absorbiert bis zu Beginn des Violett. Um das grüne bis rote Spektrum 1. Ordnung frei von Ultraviolett 2. Ordnung zu erhalten, muß man gelbe Gläser (am besten Glaswannen mit gesättigter Kaliumbichromatlösung in einer Schichtdicke von 1 cm) benutzen.

Es war Fraunhofer, der zuerst zu Anfang dieses Jahrhunderts darauf aufmerksam machte, daß Licht, wenn es durch eine Anzahl sehr enger, dicht nebeneinander befindlicher Spalte gegangen, ebenso zu einem Spektrum ausgebreitet wird, wie wenn es durch Prismen gegangen. Eine Reihe solcher Spalten nennt man nun ein optisches oder ein Diffraktionsgitter. Fraunhofer stellte sich die ersten Gitter her, indem er feine Drähte parallel nebeneinander ausspannte, die Zwischenräume bildeten die Spalte. Später benutzte er berußte Glasplatten und zog mit der Teilmaschine Linien in den Ruß, wodurch dieser weggewischt und so spaltförmige durchsichtige Öffnungen geschaffen wurden.

Nun zeigt die Theorie, daß die Spektren desto länger und desto besser werden, je enger die Spalten nebeneinander liegen, d. h. je mehr Linien pro Millimeter gezogen sind, und je genauer gleich die Abstände zwischen je zwei Spalten sind; beides erfordert außerordentlich vorzügliche Teilmaschinen. Eine solche stellte sich zunächst der Mechaniker Nobert in Barth in Pommern her; er überzog Glasplatten mit Silber und zog in dieses die Ritzen hinein. Es gelang ihm so bis zu 300 Linien pro Millimeter zu ziehen, und die Nobertschen Gitter waren in der ganzen Welt berühmt. Weiter ergab dann Theorie und Versuch, daß dieselbe Wirkung, ein Spektrum hervorzubringen, auch durch eine unbelegte Glasplatte hervorgebracht werde, in welche mit feinster Diamantspitze parallele Linien eingeritzt sind; auch in dieser Weise stellte Nobert Gitter her.

Ein weiterer Fortschritt ließ sich durch noch vollkommenere Teilmaschinen erreichen. Das Vollkommenste hat der Amerikaner Prof. Rowland erreicht, welcher auf Spiegelmetall 600 bis 800 Linien pro Millimeter ritzte und eine große Fläche teilte, so daß diese Gitter eine große auflösende Kraft zeigen. Diese neueren Gitter werden meist nicht auf Glas hergestellt, bei welchem das zerlegende Licht durch sie hindurchgeht, sondern auf Spiegelmetall; dann wird das reflektierte Licht zu einem Spektrum ausgebreitet.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Noch eine andere sehr wichtige Förderung der Spektralphotographie verdankt man Rowland. Während früher die Gitterteilung auf ebenen Platten hergestellt wurde — wobei dann hinter dem Gitter eine Linse aufzustellen ist, die das Bild des Spektrums entwirft, und eine Linse (von 1 m bis etwa 6 m Krümmungsradius) vor dem Gitter — hat Rowland die Teilung auf metallischen Hohlspiegeln im Kollimatorrohr angebracht. Diese Konkavgitter entwerfen selbst ein Bild, ähnlich wie jeder Hohlspiegel, so daß die Dazwischenkunft aller Linsen überflüssig wird, ein nicht zu unterschätzender Vorteil, da Glaslinsen viel Licht, vom äußersten Ultraviolett sogar alles, verschlucken.

Um eine Vorstellung von der gewaltigen auflösenden Kraft des Rowlandschen Gitters zu geben, sei erwähnt, daß die Dispersion eines entsprechend großen Gitters im Blau bei einem Spektrum dritter Ordnung = 10 Glasprismen von 60 Grad und im Rot sogar = 40 Glasprismen ist.

Genaueres über die Art der Aufstellung s. Kaysers Handbuch der Spektroskopie I. — Waterhouse, Eders Jahrb. f. Photogr. 1889. S. 284. — Eberhard, Zeitschr. f. Instrumentenkunde. Dez. 1905.

Solche Konkavgitter sind die wichtigsten Präzisions-Spektralapparate moderner wissenschaftlicher spektralanalytischer Forschung. Für technisch photographische Zwecke sind sie zu kostspielig und schwer erhältlich, weshalb sie wohl nur an größeren Laboratorien verwendet werden; an der k. k. Graphischen Lehr- und Versuchsanstalt in Wien benutzen Eder und Valenta für ihre spektralanalytisch-photographischen Untersuchungen ein kleines Rowlandsches Konkavgitter, sowie ein großes Instrument dieser Art (s. S. 67 und 69).

Nach dem Tode Rowlands sind solche Originalgitter selten geworden, die Fabrikation wurde eingestellt und erst 1906 wieder aufgenommen,[1]) und man hilft sich mit Abklatschgittern („Abdruck-Replika“[2]) nach planen metallischen Originalgittern. Solche Gitter werden z. B. auf Zelluloid nach der Thorpschen Methode abgeklatscht; auch Ives, Wallace u. a. stellen derartige Abklatsch-Beugungsgitter her (z. B. mit 600 Linien auf dem Millimeter). Diese durchsichtigen Abklatschgitter geben ein schönes Spektrum sowohl im reflektierten, noch besser aber im durchfallenden Lichte und sind viel wohlfeiler als Originalgitter. Man muß aber Linsen mit verwenden, weil sowohl das Spaltfernrohr (der Kollimator) als die photographische Kamera Sammellinsen besitzen müssen; man benutzt für photographisch-technische Zwecke (Prüfung von Platten, Lichtfiltern, Dunkelkammerscheiben)

1) Ames, Astrophysical Journal 1906, S. 348.
2) Vgl. Eders Jahrb. f. Photogr. 1906, S. 403.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

hierzu in der Regel Glaslinsen und muß aufs äußere Ultraviolett verzichten. Überhaupt liefern diese Spektralapparate nicht die Präzision der Konkavgitter, sind aber als deren Ersatz sehr brauchbar. Die Oberfläche der Abklatschgitter ist sehr verletzlich.

Die Abklatschgitter, welche z. B. 14000 Linien auf den englischen Zoll haben, werden auf planparallele Spiegelplatten oder auch auf Prismen montiert, wie z. B. bei Hilgers Spektrometer mit Beugungsgitter, wo das Gitter auf einem rechtwinkligen Glasprisma, dessen Hypotenuse das Licht total reflektiert, montiert ist.

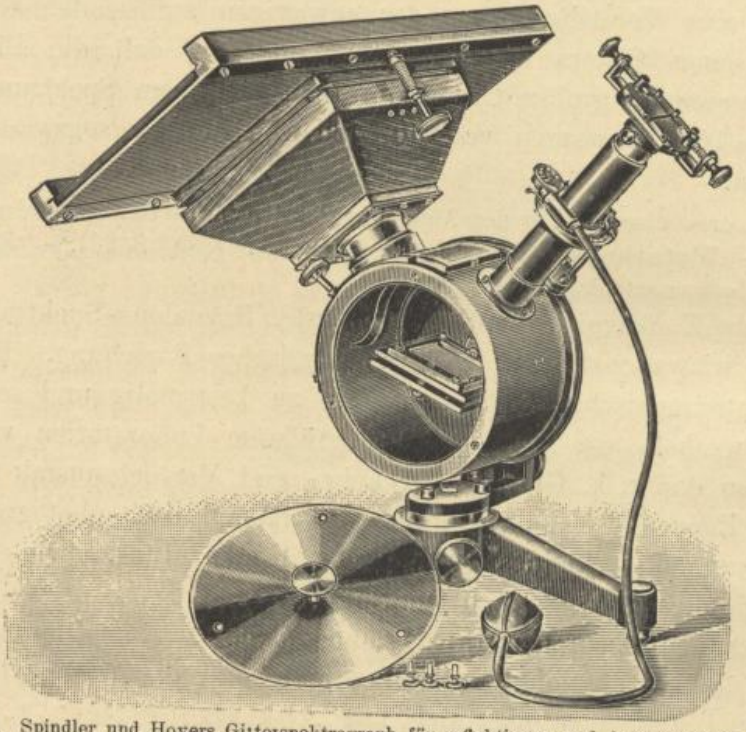


Fig. 42. Spindler und Hoyers Gitterspektrograph für reflektiertes und durchfallendes Licht.

Die Anordnung eines Gitterspektrographen mit Plangitter zeigt der Apparat von Spindler u. Hoyer in Göttingen, welche ihn nach Angaben von Gaylord in Buffalo ausführten. Ein Spaltfernrohr mit Sammellinse sendet das Licht auf ein Thorpsches Gitter (Zelluloidabguß eines Rowlandgitters auf Glas gekittet). Der Apparat ist ursprünglich für durchfallendes Licht gebaut und wird auch in der Regel so verwendet; das Gitter steht dann senkrecht zur Kollimatorachse, wobei die Glasseite dem Kollimator zugekehrt ist. Man kann ihn auch für reflektiertes Licht (als Spiegelgitter) verwenden, wobei er wohl lichtschwächer ist, aber die Glasabsorption des „Thorp-Transmissions-Diffraktionsgitters“ wegfällt. Dann wird der Apparat in der in Fig. 42

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

angegebenen Art aufgestellt. Man sieht im Innern das reflektierende Gitter; seitlich die photographische Kamera, welche ebenso wie der Kollimator mit Quarzlinsen ausgerüstet wird, wenn man den Einfluß der Absorption durch Glas vermeiden will.

Fig. 1 und 2 auf Tafel VII zeigen die Leistung des Spindler und Hoyerschen Spektrographen mit Abklatschgitter an einer Photographie des Sonnenspektrums; Fig. 1 ist die Spektrumphotographie auf einer orthochromatischen Platte (Erythrosinplatte) mit dem Sensibilisierungsmaximum im Gelbgrün; Fig. 2 zeigt die analoge Aufnahme auf gewöhnlichen Bromsilbergelatineplatten, welchen die Gelbgrünempfindlichkeit fehlt.

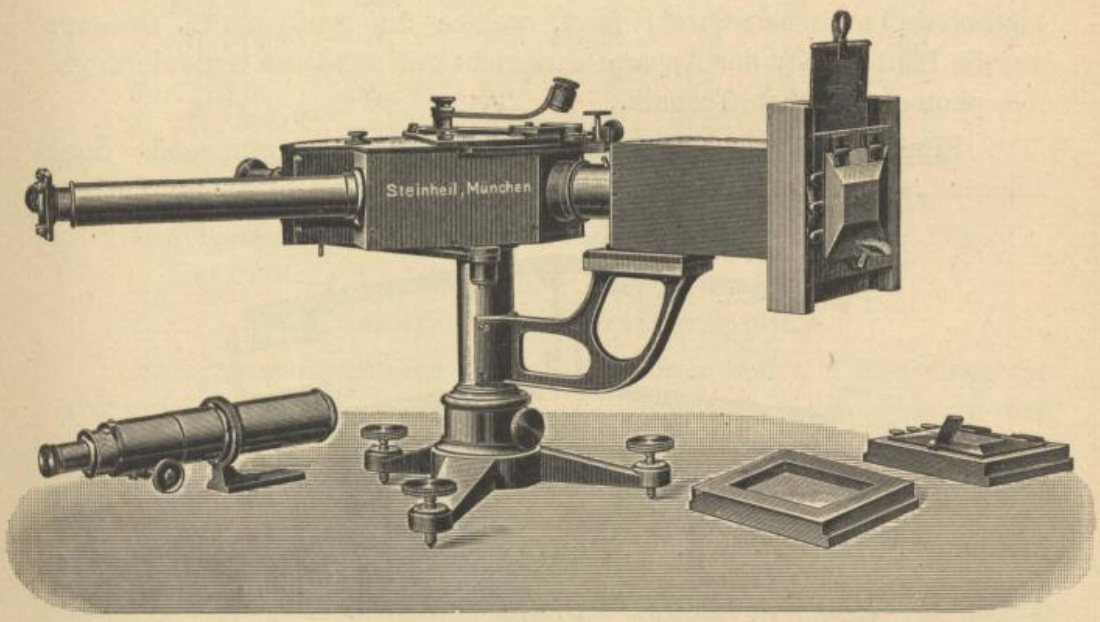


Fig. 43. Steinheils Gitterspektrograph mit Abklatschgitter für durchfallendes Licht.

Fig. 43 zeigt den universell verwendbaren Steinheilschen Gitter-Spektralapparat, bei welchem photographische Kamera und Beobachtungsfernrohr gegeneinander auswechselbar sind; Brennweite des Objektivs 24 cm, Plattenformat 9×12 cm. Die damit erhaltenen Spektrumphotographien sehen ähnlich aus wie die in den Fig. 1 und 2 auf Tafel VII abgebildeten Spektren.

Auch Krüß in Hamburg fertigt Gitterspektroskope und Gitterspektrographen an.

Einen Universalspektrographen für ein Glasprisma, ein bis drei Cornusche Quarzprismen und ein Plangitter konstruiert O. Töpfer in Potsdam nach Angaben A. Hagenbachs.[1])

1) Zeitschr. f. Instrumentenkunde, Dez. 1908.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Obwohl die Prismenspektrographen (mit Glasprismen, eventuell solchen à vision directe) ganz gut zur Prüfung der Farbenempfindlichkeit photographischer Platten, von Lichtfiltern usw. verwendet werden können, bevorzugt man jedoch häufig Abklatschgitter mit Glaslinsen, wobei die Leistungsfähigkeit im Ultraviolett partiell herabgesetzt oder ganz aufgehoben wird. Aber für praktische photographische Zwecke, bei welchen naturgemäß mit Glaslinsen gearbeitet wird, kommt dies nicht in Betracht.

Die einfachste Form eines kleinen Gitterspektrographen zur Prüfung der Farbenempfindlichkeit photographischer Platten usw. zeigt Fig. 44 (nach Chapman Jones)[1]. Vorne der Spalt, dann die Kollimatorsammellinse, das Abklatschgitter, worauf die photographische Linse (achromatische „Landschaftslinse") folgt, welche das Spektrum 1. Ordnung auf die Platte wirft; der Apparat entspricht nur minderen Anforderungen der photographischen Technik.

Eine sehr einfache, für Reproduktionsanstalten genügende Form solcher „spektroskopischer Kameras" (Spektrographen) stellte Tallent

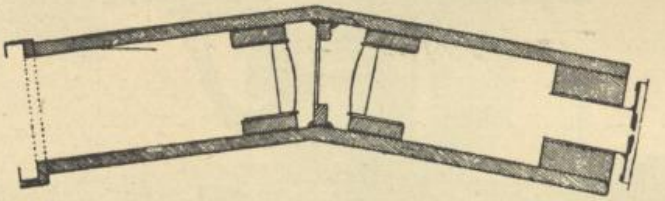


Fig. 44. Einfache Form eines Gitterspektrographen.

zusammen. Die Firma A. W. Penrose (London, 109 Farrington Road) bringt sie für den Preis von 75 bis 105 Mk. (bis zum Plattenformat (9 × 12) in den Handel. Fig. 44a zeigt „Tallents Spectroscopic Camera". Das Abklatschgitter ist auf die Hypotenuse eines rechtwinkligen Glasprismas gekittet; es ist sehr verletzlich, nicht geschützt und darf höchstens mit einem Kamelhaarpinsel zart abgestaubt werden. Die Kondensorlinse A wirft die Strahlen der Lichtquelle, bei B können Lichtfilter eingeschaltet und festgeklemmt werden, D ist der Spalt des Spektrographen, E ist eine achromatische Sammellinse, in deren Fokus sich der Spalt befindet. Dann folgt das Gitter und wieder Linse G von längerem Fokus, welche die Strahlen auf die sensible Platte bei J entwirft, woselbst das Beugungsspektrum photographiert wird, eventuell mit einer Skala (Eders Jahrb. f. Phot. 1910, S. 359). Dieser Apparat entspricht mäßigen Anforderungen. Die Photographie des Sonnenspektrums damit zeigt Tafel VII.

1) Photogr. Journal 1909, S. 110.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Man darf nicht vergessen, daß bei Gittern dieser Art im gelben bis roten Spektralbezirke der 1. Ordnung sich Ultraviolett 2. Ordnung darüber lagert; somit muß bei Arbeiten im roten Ende des Spektrums (Plattenprüfungen, Untersuchungen von Sensibilisatoren usw.) ein gelbes Lichtfilter (Gelbscheibe, Flüssigkeitsfilter mit starker Kaliumbichromatlösung oder dergl.) vor den Spektralapparat eingeschaltet werden, um das Ultraviolett und Violett auszuschalten; ein Teil des Ultraviolett wird übrigens durch die Glaskörper derartiger Spektrographen absorbiert.

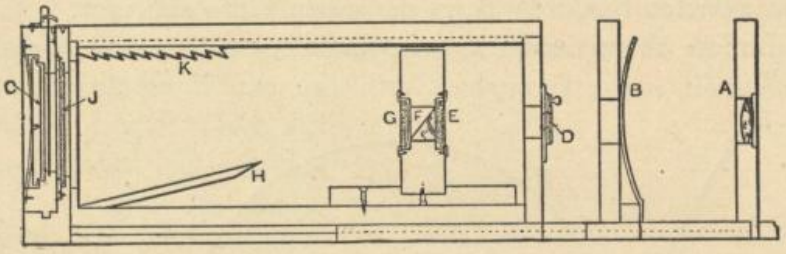


Fig. 44a.
Tallents Gitterspektrograph zur Prüfung der Farbenempfindlichkeit photographischer Platten.

Konkav-Gitterspektrographen.

Für Präzisionsarbeiten sind die größeren und viel kostspieligeren Rowlandschen Hohlspiegelgitter (Konkavgitter) besonders geeignet und repräsentieren die leistungsfähigsten Spektralapparate.

Nach der von Prof. Rowland aufgestellten Theorie des konkaven Gitters treten die Linien des durch das Bild eines schmalen Spaltes gebildeten Spektrums in einen Fokus, welcher von dem Gitter um die Länge des Krümmungsradius desselben entfernt ist; wenn daher der Spalt S (Fig. 45), die gegitterte Oberfläche G und das Okular oder die photographische Platte P auf der Peripherie eines Kreises $SPP'G$ bleiben, dessen Radien CG, CP, CP' und CS gleich dem halben Krümmungsradius PG des Gitters sind, so wird das Spektrum stets in P oder irgend einem anderen Punkte der Peripherie des Kreises, z. B. in P' im Fokus sein. Außerdem wird, wenn CP und CG eine gerade Linie bilden, die Fokuslinie senkrecht zu der Richtung des Lichtes sein und das Spektrum ist dann bei P normal, ohne Rücksicht auf die Stellung des Spaltes, vorausgesetzt nur, daß dieser sich auf dem Kreise befindet.

Bei Prof. Rowlands Anordnung, wie dieselbe in L. D. & E. Phil. Mag. 5. Serie, Vol. XVI, 1883, p. 203 beschrieben ist, ist der Spalt fest, und das Gitter und das Okular oder die photographische Platte sind an einer Stange PG befestigt, deren Enden und Lafetten liegen, welche

sich entlang den Schienen SGR' und SPR, die rechtwinklig zueinander liegen, bewegen (Fig. 45). Diese Anordnung ist äußerst einfach. Der Spalt bleibt an seiner Stelle und auch die Richtung des Lichtes bleibt unverändert, weil das Gitter und der Spalt sich immer auf derselben Linie SGR' befinden; außerdem kann das Objektiv oder die photographische Platte, wenn ein Maßstab mit gleichen Teilabschnitten, welche Wellenlinien darstellen, entlang der Linie SPG angebracht wird, sofort zur Beobachtung jedes beliebigen Teiles des Spektrums eingestellt werden. Weiter kann man, indem man Maßstäbe für jedes der übereinander gelegten Spektren längs derselben Linie anbringt, sofort sehen, welche Linien übereinander liegen, und die relative Wellenlänge der-

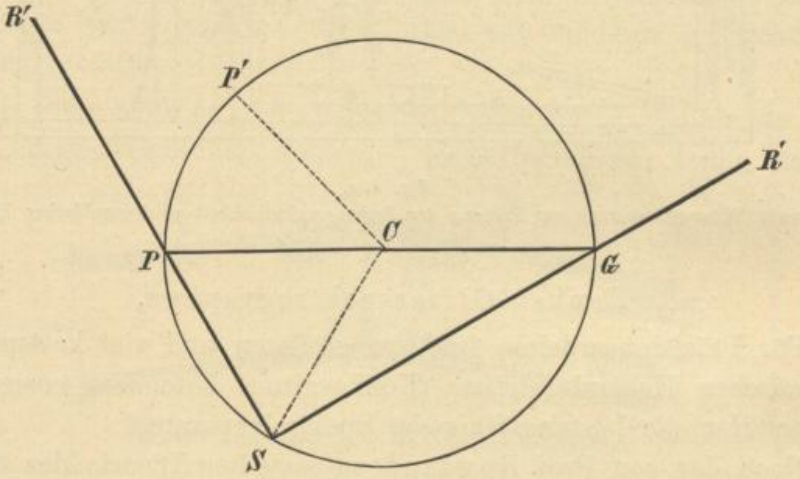


Fig. 45. Gitterspektrograph nach Rowlands Anordnung.

selben bestimmen, da die Gesamtheit der übereinanderliegenden Spektren sich im Fokus befindet.

Es ist außerdem klar, daß diese Anordnung sich auch sehr gut für Gitter mit verschiedener Fokallänge benutzen läßt, wenn nur die Schienen lang genug sind und die Kamera oder die Stange PG sich in der nötigen Weise ausziehen läßt. Dennoch erscheint diese Anordnung empfehlenswerter in einem dauernden spektroskopischen Observatorium oder Laboratorium, wo man den Apparat so ein für allemal in einem dunklen Zimmer fest aufstellen kann, als bei nur zeitweise ausgeführten Untersuchungen, wo der Raum beschränkt ist; ebenso ist sie zu schwerfällig, wenn es darauf ankommt, einen solchen Apparat in möglichst bequemer Weise auf der Reise mitzuführen.

Durch diese Umstände veranlaßt, hat Capt. Abney die von Professor Rowland angegebene Anordnung abgeändert.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Bei diesem Systeme befindet sich das Gitter G (Fig. 46) auf einer Laufschiene A, und zwar so, daß die Achse des Gitters längs der Mittellinie der Laufschiene liegt, welche in P auch die photographische Platte trägt, so daß die Entfernung PG gleich dem Krümmungsradius des Gitters ist, genau wie in Prof. Rowlands Anordnung. Um den Mittelpunkt C, welcher diesen Radius halbiert, ist eine zweite Laufschiene B drehbar und auf derselben ist im Punkte S, der von C dieselbe Entfernung wie P und G hat, abermals ein Zapfen angebracht, um welchen eine dritte Laufschiene D drehbar ist, welche den Spalt und sein Rohr T trägt. Der Spalt wird genau über den Punkt S gebracht und das Rohr T läßt sich auf diese Weise stets auf das in G befindliche Gitter richten, welchen Winkel auch die Schiene B gegen die Schiene A bildet; dabei sind, weil S sich auf dem Kreise bewegt, auf welchem auch das Gitter und die photographische Platte sich befinden, die Diffraktionsspektren stets im Fokus und der Maßstab des Spektrums ist unveränderlich. Zu bemerken ist, daß mit der Annäherung von S an G das Rohr T verkürzt werden muß.

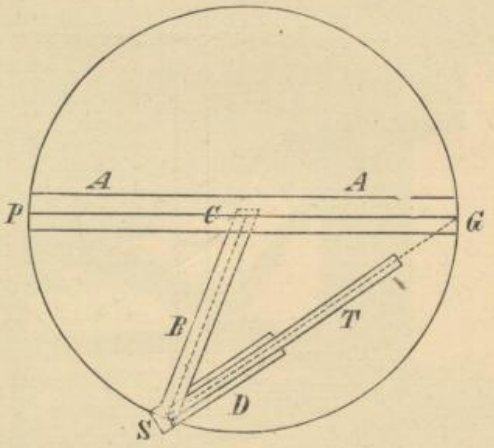


Fig. 46. Gitterspektrograph nach Abneys Anordnung.

Zwei vortreffliche Gitterspektrographen mit Konkavgitter benutzten Eder und Valenta für ihre spektralanalytischen Untersuchungen an der k. k. Graphischen Lehr- und Versuchsanstalt in Wien. Beide sind nach der Rowlandschen Aufstellung montiert und zwar lichtdicht, damit man im Bedarfsfalle im erleuchteten Zimmer arbeiten kann.

Der bei den Arbeiten Eders und Valentas an der k. k. Versuchsanstalt für Photographie und Reproduktionsverfahren in Verwendung stehende kleine Konkavgitterapparat ist in Fig. 47 schematisch abgebildet. Fig. 48 zeigt eine Ansicht des ganzen Apparates. Derselbe ist auf einem dreieckigen Tisch T, dessen Füße mit Stellschrauben versehen sind, montiert. Am rechten Winkel des dreieckigen Tisches ist ein kleines Tischchen angebracht, welches mit dem eigentlichen Tischgestelle fest durch massive Träger verbunden ist. Dasselbe hat die Bestimmung, die Quarzkondensorlinse C und den Funkengeber f aufzunehmen, und es sind die beiden Metallplatten P, P', auf denen diese Hilfsvorrichtungen aufgestellt werden, so eingerichtet, daß man mittels Zahnstange und Trieb, sowie eines Hookschen Schlüssels

vom Beobachtungsfernrohre aus imstande ist, den Funkengeber seitlich zu verschieben, während zwei Metallschienen, auf denen die beiden Platten sich in der Richtung der Achse des Kollimatorrohres r verschieben lassen, die Bewegung von Funkengeber und Kondensor bezüglich scharfer Einstellung der Lichtlinie auf den Spalt ermöglichen. Der Spalt am Kollimatorrohre ist ein hochpolierter Stahlspalt, welcher durch eine plangeschliffene Quarzplatte vor Staub geschützt wird. Das Kollimatorrohr ist fix an der einen Kathete des Tischgestelles montiert

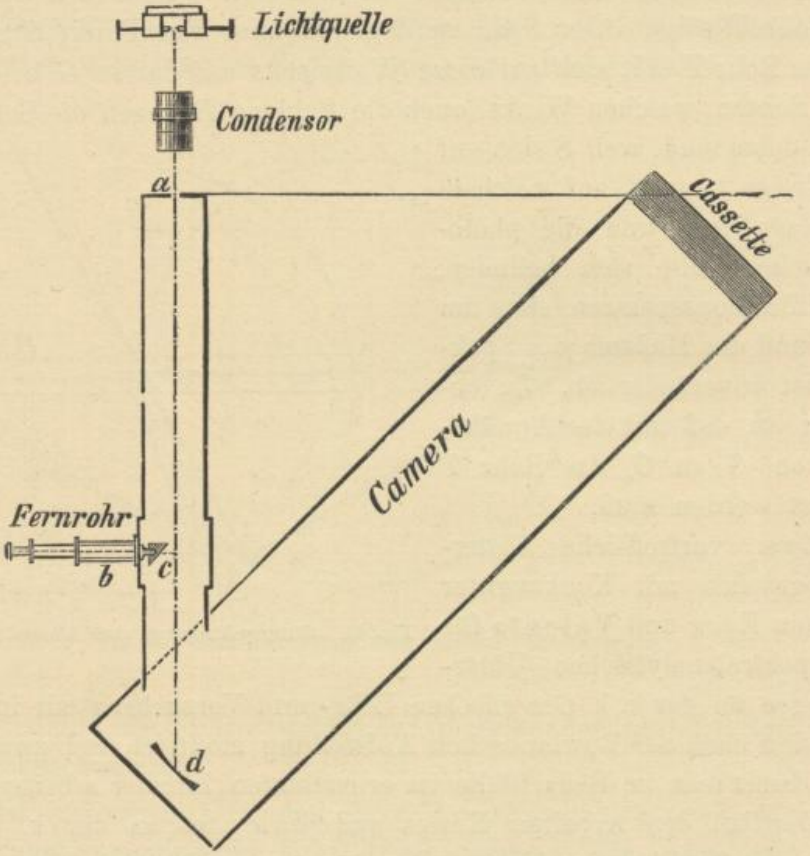


Fig. 47. Schematische Darstellung eines Gitterspektrographen mit Konkavspiegel.

und mit einem seitlich angebrachten Einstellfernrohr d (Fig. 48) versehen, welche Vorrichtung in der bereits früher bei Beschreibung des Quarzapparates[1]) geschilderten Weise eine bequeme Kontrolle der Einstellung gestattet, so daß man sofort erkennen kann, ob das einfallende Lichtbüschel den Spiegel voll trifft. Das Kollimatorrohr greift in eine schlitzförmige Öffnung der verstellbaren Kamera so ein, daß die Achse desselben bei jeder Verstellung der Kamera stets die Mitte des Gitters trifft.

1) J. M. Eder, Denkschriften der kais. Akad. d. Wiss. Bd. LVII, 1890.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Das in der Kamera (Fig. 48) bei *d* befindliche Konkavgitter ist ein Rowlandsches Gitter von 730 mm Brennweite. Es ist auf einem Tischchen derartig montiert, daß es mittels feiner Schrauben sich nach verschiedenen Richtungen verstellen läßt, ohne daß es hierbei eine Pressung erleiden würde. Man kann es ferner von außen mittels einer Mikrometerschraube (Fig. 48, *S*) in der Richtung der Kameraachse verschieben, was den Zweck hat, bei Verstellungen der Kamera die Lage des Gitters richtig zu stellen. Die Kamera *K* ist aus Mahagoniholz gefertigt und ruht auf beiden Katheten des Gestelles auf. Sie ist beiderseits auf Metallschienen beweglich und kann in jeder möglichen Stellung

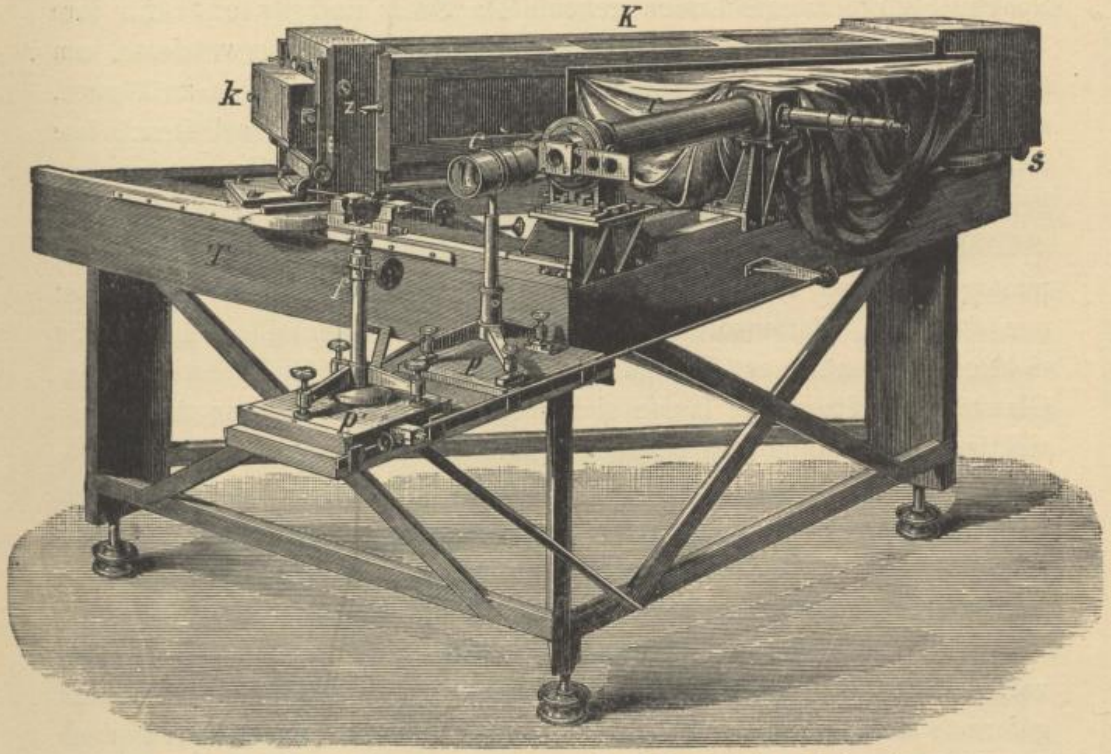


Fig. 48. Eder und Valentas Gitterspektrograph mit Rowlandschem Konkavgitter.

leicht fixiert werden. Die Kassette *B* befindet sich am anderen Ende der Kamera. Der Abschluß dieses Endes der Kamera gegen die Kassette besitzt einen Schlitz, hinter welchem sich eine mit einem schmäleren Schlitze versehene Metallplatte auf- und abwärts verschieben läßt. Die Gesamtbreite des fixen Spaltes beträgt 10 mm, jene des verschiebbaren Schlitzes 3 mm. Der verschiebbare Schlitz ist mittels Zahnstange und Trieb verstellbar, und ist die Einrichtung so getroffen, daß derselbe in drei Stellungen fixiert werden kann, welche zusammen der Breite des fixen Spaltes entsprechen. Da es wegen des großen Astigmatismus des Konkavgitters von kurzer Brennweite nicht günstig war, mit der

Lockyerschen Riegelvorrichtung am Spalte zu arbeiten, wurde diese Vorrichtung angebracht, mit deren Hilfe es leicht gelingt, drei verschiedene Spektren koïnzidierend übereinander zu photographieren, oder, was unter Umständen erwünscht sein dürfte, zwei Spektren so ineinander zu photographieren, daß nur ein Teil des Gesamtbildes die Linien beider Spektren enthält.

Die Bildfläche des Spektrums, welches mit Konkavgittern von so kurzem Fokus, wie das hier beschriebene Gitter ihn zeigt, erhalten wird, ist sehr stark gekrümmt; bei Verwendung der sonst gebräuchlichen photographischen Kassetten mit planen Platten würden daher nur kleine Spektralbezirke scharfe Linien geben. Da Eder und Valenta für ihre Versuche Bromsilbergelatineplatten von 30 cm Länge verwendeten, um größere Spektralbezirke in einem photographieren und messen zu können, so ergab sich die Unmöglichkeit, mit ebenen Platten zu arbeiten; diese mußten krumm gebogen werden. Auf die Vorteile der Verwendung gekrümmter Platten hat bereits Rowland hingewiesen.

Bei Konkavgittern von kurzer Brennweite macht das Biegen der photographischen Platten die größten Schwierigkeiten, da man selbst den dünnsten Plattensorten des Handels nicht einmal annähernd die richtige Krümmung erteilen kann. Diese Platten dürfen höchstens 1 mm Glasstärke besitzen, sie lassen sich wohl nicht ganz bis zur theoretisch richtigen Krümmung biegen, aber anstandslos bis zu einem Krümmungsradius von 1240 mm, was sich bezüglich der allgemeinen Schärfe der Linien als praktisch vollkommen genügend erwies. Solche Platten aus sehr dünnem, vorzüglich gekühltem Solinglase lieferte Schleußner aus seiner Trockenplattenfabrik in Frankfurt a. M. in bester Qualität.

Die von Eder und Valenta verwendete Kassette stellt ein Kästchen vor, welches im Inneren zwei der Krümmung der Platten entsprechend geformte Metallschienen enthält. Die empfindliche Platte wird auf diese Schienen von zwei an den Seiten angebrachten Metallstücken, welche mittels Schrauben von außen zu fixieren sind, niedergedrückt. Beim Biegen der Platten ist Vorsicht und langsames Niederdrücken der Platten auf die gekrümmten Schienen sehr am Platze, indem sonst ein nicht unbeträchtlicher Prozentsatz derselben bricht. Selbstverständlich nehmen die photographischen Platten wieder ihre ebene Lage ein, wenn die gewaltsame Krümmung aufgehoben ist. — Auch Zelluloidfilms können in solchen Fällen verwendet werden.[1])

Die Figuren 3 bis 5 auf Tafel VII zeigen ungefähr die Leistung dieses Apparates. Fig. 3 zeigt die Photographie des Sonnenspektrums

1) Eberhard, Zeitschr. f. Instrumentenkunde, Dez 1905.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

1. Ordnung auf gewöhnlichen Bromsilberplatten ohne Zwischenschaltung irgend einer Glasschicht. Man erkennt das Maximum der photographischen Wirkung auf Bromsilber zwischen *F* und *G* im Blau und den Abfall der Helligkeit des Sonnenlichtes gegen Ultraviolett. Bei kürzerer Belichtung (Fig. 4 auf Tafel VII) tritt die Lage der Maximalwirkung deutlich hervor; dies zeigt, wie man durch verschieden lange Belichtungszeiten die Lage des Maximums der Wirkung, andererseits die Ausdehnung derselben ermitteln kann. Die dritte Figur (Fig. 5 auf Tafel VII) zeigt die Photographie des roten bis grünen Teiles des Sonnenspektrums im Gitterspektrographen, wobei panchromatische Platten benutzt wurden. Die Aufnahme geschah hinter Gelbfiltern, z. B. hinter Flüssigkeitsfiltern von Kaliumbichromatlösung oder dergleichen, um das Ultraviolett 2. Ordnung auszuschalten. Man erkennt die Natriumlinie (Fraunhoferlinie *D*) als Doppellinie, ferner die grüne *b*-Linie in ihre Komponenten aufgelöst. Die namhafte Leistungsfähigkeit desselben kleinen Konkavgitters im Ultraviolett zeigt Tafel II an mehreren Photographien von Spektren des elektrischen Flammenbogens (Kohle, Calcium, Strontium, Barium, Aluminium, Silicium, ferner des Quecksilberlichtes).

Eine Fehlerquelle beim Arbeiten mit dem Gitterspektrographen soll hier noch erwähnt werden; es sind dies die sogenannten „Geister" oder „Gespenster", welche bald als ziemlich scharfe Linien in fast gleichmäßigen Abständen, bald (je nach dem Gitter) als einseitige Verbreiterung usw. von sehr intensiven Linien auftauchen und verschiedene Ursachen haben. Bei kurzen Belichtungen bleiben sie aus; ihre stets gleichbleibende Form als Nachbarn starker Linien macht sie kenntlich; trotzdem können durch das Auftreten derselben Irrtümer entstehen, obwohl sie nicht bei allen Gittern gleich stark auftreten. Das große Rowlandsche Konkavgitter, mit welchem Eder und Valenta arbeiten, ist fast frei von diesem Fehler.

Der große Gitterspektrograph Eder und Valentas ist in ähnlicher Weise konstruiert; dieses Gitter besitzt einen Krümmungsradius von 4 m 59 cm und enthält 13000 Linien auf den englischen Zoll. Mittels dieses höchst leistungsfähigen Apparates haben Eder und Valenta Wellenlängenmessungen vorgenommen im Spektrum des Schwefels, Chlors, Broms, des Magnesiums, von Aluminium, Antimon, Barium, Beryllium, Blei, Cäsium, Cassiopeium, Cerium, Chrom, Gallium, Iridium, Kalium, Kohle, Kupfer, Lanthan, Mangan, Molybdän, Neodym, Niob, Praseodym, Scandium, Tantal, Thorium, Yttrium, Zirkon, die seltenen Gadoliniumerden usw.[1])

1) Eder und Valenta, Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wissensch. Wien, Mathem.-naturw. Kl. IIa, 1909 und 1910.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Die Wellenlängenmessungen der Spektrallinien von Kayser (Bonn), Exner und Haschek (Wien) usw. usw. sind mit großen Konkavgittern gemacht (vgl. Kayser, Handbuch der Spektroskopie 1900—1911).

Eine Einrichtung eines großen Gitterspektrographen, welche Eberhard nach Abneys Prinzipien bei Töpfer in Potsdam für das Astrophysikalische Observatorium daselbst ausführen ließ, zeigt Fig. 49.

Das Gitter befindet sich bei G, der Spalt auf einer Schiene bei S; vor demselben ist eine Sammellinse aus Quarz. Die Kassette K ist für Films von 80×5 cm eingerichtet, vor ihr befindet sich ein Deckel O und ein beweglicher Rahmen B, welcher als Schirm wirkt und so gestellt werden kann, daß mehrere Spektren in knapper Nebeneinander-

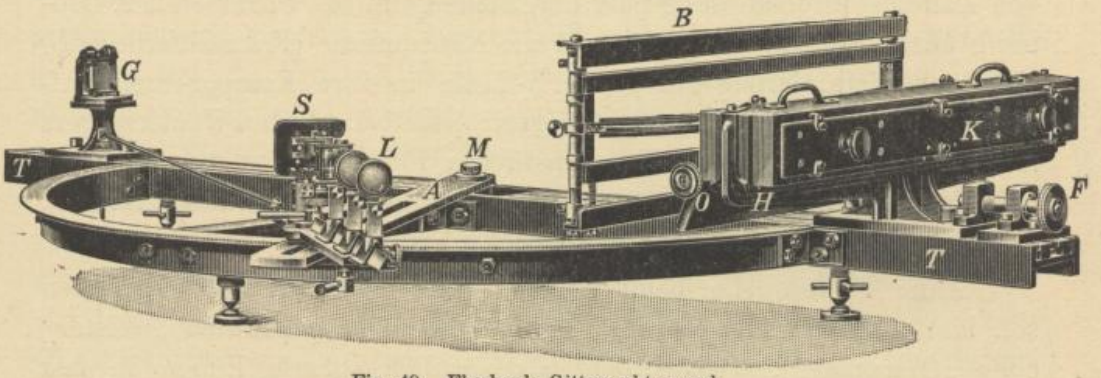


Fig. 49. Eberhards Gitterspektrograph.

stellung oder schwach übergreifend auf ein- und derselben Platte photographiert werden können (Vergleichsspektren).

Zur Analyse feinster Spektrallinien wendet man die Interferenzerscheinungen an planparallelen Platten an (Michelsons Stufenspektroskop; Stufengitter („Echelon diffraction gratings") fertigt Adam Hilger in London (NW. 75a Camden Road) an.

Lummer und Gehrcke geben ein Interferenzspektroskop mit planparalleler Glasplatte von sehr großem Auflösungsvermögen an (Annal. d. Phys. 1903 (4), Bd. 10, S. 457). In vereinfachter Form erzeugen Schmidt & Haensch in Berlin solche Spektroskope für Unterrichtszwecke; man kann damit den sog. Zeeman-Effekt demonstrieren, die Trabanten der Quecksilberlinien usw. sehen (Physik. Zeitschrift 1907, S. 781).

SLUB Wir führen Wissen.
gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

FÜNFTES KAPITEL.

DIE PHOTOMETRIE DER CHEMISCHEN WIRKSAMEN STRAHLEN UND DIE PRÜFUNG DER EMPFINDLICHKEIT PHOTOGRAPHISCHER PRÄPARATE.

Literatur:

Becquerel, La lumière 1868. — Bunsen und Roscoë, Chlorknallgas-Photometer: Poggendorffs Annalen der Physik, Bd. 96, S. 96 und 373; Bd. 100, S. 43 und 481; Bd. 101, S. 255; Bd. 108, S. 193. Chlorsilberpapier-Photometer: Poggendorffs Annalen, Bd. 117, S. 529; Bd. 124, S. 353; Bd. 132, S. 404. Ergänzungsband zu Poggendorffs Annalen, Bd. 5, S. 177. — Marchand, Etude sur la force chimique contenue dans la lumière du soleil, 1875. — Radau, Aktinometrie, 1877. — Warnerke Photographic News, 1880, S. 2; auch Bulletin de l'Association Belge de Phot. Bd. 6, S. 403. — Pizzighelli, Photographische Korrespondenz, 1880, S. 179 u. ff. (Separatabdruck unter dem Titel: Aktinometrie). — Vogel, Lehrbuch der Photographie, 1878. — Vogel und Sawyer, Das photographische Pigmentverfahren, 1875. — Stein, Das Licht, 1877. — Schilling, Handbuch für Steinkohlengasbeleuchtung, 3. Aufl. — E. Liebenthal, Praktische Photometrie, Braunschweig, 1907. — G. Müller, Die Photometrie der Gestirne, 1897. — Brodhun, Photometrie in Winkelmanns Handbuch der Physik. — K. Schaum, Photochemie und Photographie, 1908. — O. Lummer, Ziele der Leuchttechnik, München-Berlin, 1808. — W. M. Stine, Photometrical measurements and manual, New York, 1900. — P. v. Schrott, Artikel „Photometrie" in Luegers Lexikon der gesamten Technik, 2. Aufl., Bd. VII.

Die Photometrie wird in der Regel in zwei Hauptgruppen geteilt: die optische und die chemische Photometrie.

Die optische Photometrie hat die Messung der Helligkeit der Lichtstrahlen, welche auf unser Auge wirken, zum Gegenstande; die chemische Photometrie mißt den chemischen Umsatz, welchen Lichtstrahlen in einer gewissen Zeiteinheit in lichtempfindlichen Schichten hervorbringen können.

Man könnte auch von einer Photometrie mittels des Bolometers, des Radiometers, der Lichtelektrizität usw. sprechen, da auch auf diesem Wege die strahlende Energie gemessen werden kann; jedoch hat dies für photographische Zwecke untergeordnete Bedeutung.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Die Spektrophotometrie befaßt sich mit der Bestimmung der Lichtstärke in einzelnen Spektralbezirken, teils im sichtbaren, teils im ultravioletten Teile.[1]) Dieser Gegenstand liegt nicht im Bereiche dieses Handbuchs.

I. Photometrische Grundsätze.

Stets geht man bei der Photometrie vom Grundsatze aus: Die Stärke der Beleuchtung einer Fläche steht im umgekehrten Verhältnis des Quadrates ihrer Entfernung von der Lichtquelle (dem leuchtenden Punkt).

In Deutschland und Österreich sind folgende photometrische Größen und Einheiten im Gebrauch[2]):

1. Die photometrischen Größen haben als Basis die Lichtstärke einer punktförmigen Lichtquelle.

2. Die Lichtstärke (französisch: intensité lumineuse, englisch: intensity of light) wird mit J bezeichnet. Die Einheit der Lichtstärke ist die Hefnerkerze; das Abkürzungszeichen ist HK.

So sagt man beispielsweise: eine Lichtquelle hat die Lichtstärke $J = 10$ HK.

3. Der Lichtstrom (französisch: flux lumineux, englisch: flux of light) wird mit Φ bezeichnet und definiert durch

$$\Phi = J\omega = \frac{Js\cos i}{r^2} \quad \ldots\ldots\ldots \quad 1)$$

dabei bedeutet ω einen räumlichen Winkel, s eine Fläche in Quadratmetern, senkrecht zur Strahlenrichtung; r eine Entfernung in Metern. Gleichung 1 gilt zunächst nur für ein unendlich kleines s; sie ist auch noch für eine kleine ebene Fläche s gültig, deren Dimensionen gegen r hinreichend klein sind.

Es wird $\Phi = 1$ für $J = 1$ HK; $\omega = 1$.

Die Einheit des Lichtstromes ist also der von der punktförmigen Lichtquelle 1 HK in die Einheit des räumlichen Winkels gesandte Lichtstrom. Sie wird Lumen genannt; das Abkürzungszeichen ist Lm.

Denkt man sich um die punktförmige Lichtquelle, welche nach allen Richtungen die Lichtstärke 1 HK besitzt, eine Kugel mit dem Radius 1 m beschrieben und diese Kugel in Flächenstücke von je 1 qm Inhalt geteilt, so empfängt jedes Flächenstück den Lichtstrom

1) Über ein photographisches Photometrierverfahren und seine Anwendung auf die Photometrie des ultravioletten Spektralgebietes siehe Hermann Th. Simon, Eders Jahrb. f. Photogr. 1897, S. 38.

2) Nach Liebenthal, Praktische Photometrie 1907.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

1 Lm. Der auf die ganze Kugel (in den Raumwinkel 4π) übergehende Lichtstrom ist 4π Lm. Ist die Lichtstärke der Lichtquelle nach allen Richtungen gleich J, so ist der Gesamtlichtstrom gleich $4\pi J$ Lm.

4. Die Beleuchtung[1]) (französisch: éclairement, englisch: illumination) wird mit E bezeichnet und definiert durch

$$E = \frac{\Phi}{s} = \frac{J \cos i}{r^2} \quad \ldots\ldots\ldots \quad 2)$$

wo s in Quadratmetern und r in Metern gemessen wird.

Die Einheit der Beleuchtung wird erhalten, wenn $J = 1$ HK; $i = 0$ und $r = 1$ m ist. Sie ist also vorhanden, wenn eine punktförmige Lichtquelle 1 HK ein ebenes, 1 m entferntes kleines Flächenstück s senkrecht beleuchtet. Sie wird 1 Lux oder auch wohl, wenn auch nicht ganz zutreffend, 1 Meterkerze genannt; das Abkürzungszeichen ist Lx.

5. Die Flächenhelle (französisch: éclat intrinsèque, englisch: intrinsec brightness) wird mit e bezeichnet und definiert durch

$$e = \frac{J}{\sigma \cos \varepsilon} \quad \ldots\ldots\ldots \quad 3)$$

wo σ eine Fläche in Quadratzentimetern ist. Die Gleichung ist zunächst nur für ein unendlich kleines σ gültig; sie ist auch noch für eine kleine ebene Fläche σ gültig, deren Dimensionen gegen r hinreichend klein sind.

Die Einheit der Flächenhelle ist vorhanden, wenn $J = 1$ HK, $\sigma \cos \varepsilon = 1$ qcm ist, also wenn die Lichtstärke pro Quadratzentimeter der scheinbaren Oberfläche 1 HK beträgt.

ε wird auch gleich 1, wenn $J = 1$ HK und speziell $\varepsilon = 0$, $\sigma = 1$ qcm ist. Die Einheit der Flächenhelle ist also auch vorhanden, wenn die Lichtstärke von 1 qcm ebener Oberfläche in zu ihr senkrechter Richtung 1 HK beträgt. Sie wird deshalb auch als Kerze auf 1 qcm bezeichnet. Fallen die Strahlen schief ein, so ist die Beleuchtungsstärke dem Kosinus des Einfallwinkels proportional.

6. Die Lichtabgabe (französisch: éclairage, englisch: lighting) wird mit Q bezeichnet. Sie ist der Lichtstrom, welcher in der Zeit $\mathfrak{T}$ ausgestrahlt wird. Einheit der Lichtabgabe ist das während einer Stunde ausgestrahlte Lumen, sie wird mit Lumenstunde bezeichnet. Strahlt eine Lichtquelle $\mathfrak{T}$ Stunden lang den Lichtstrom Φ Lumen aus, so ist die Lichtabgabe

$$Q = \Phi \mathfrak{T} \text{ Lumenstunden} \quad \ldots\ldots \quad 4)$$

---

1) Die „indizierte Helligkeit“ nach früherer Weberscher Bezeichnung.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Eine übersichtliche Zusammenstellung der Namen und Zeichen der photometrischen Größen und Einheiten findet sich in nachstehender Tabelle:

Größe		Einheit	
Name	Zeichen	Name	Zeichen
Lichtstärke	J	Kerze (Hefnerkerze)	HK
Lichtstrom	$\Phi = J\omega = \frac{J}{r^2}s$	Lumen	Lm
Beleuchtung	$E = \frac{\Phi}{s} = \frac{J}{r^2}$	Lux (Meterkerze)	Lx
Flächenhelle	$e = \frac{J}{\sigma}$	Kerze auf 1 qcm	—
Lichtabgabe	$Q = \Phi\mathfrak{T}$	Lumenstunde	—

Dabei bedeutet

ω einen räumlichen Winkel,

s eine Fläche in Quadratmetern; σ eine Fläche in Quadratzentimetern, beide senkrecht zur Strahlenrichtung,

r eine Entfernung in Metern,

$\mathfrak{T}$ eine Zeit in Stunden.

Albedo.

Albedo (lat. die „Weiße") ist das Vermögen eines Körpers, einen bestimmten Teil des auf ihn fallenden Lichtes wieder zurückzustrahlen.

Nach der von Lambert eingeführten Definition wird die Albedo ausgedrückt durch das Verhältnis der von einem beleuchteten Flächenelement nach allen Richtungen hin diffus ausgestrahlten Lichtquantität zu der auffallenden Lichtmenge. Bei einem absolut ideal weißen Körper wäre die optische Albedo = 1; bei anderen Flächen z. B. folgende:

Schnee	0,78
weißes Papier	0,70
weißer Sandstein	0,24
Tonmergel	0,16
Quarz	0,11
feuchte Ackererde	0,08.

In der Photographie kommt es nicht auf die optische, sondern auf die photographische Helligkeit des reflektierten Lichtes an und man könnte in diesem Falle von einer „photographischen Albedo" sprechen.

Setzt man den in der photographischen Praxis besonders hell reflektierenden Schnee mit der photographischen Albedo = 1, so wäre für gewöhnliche photographische Platten die durchschnittliche Albedo einer

offenen Landschaft 2 bis 5, welche Werte man bei photographischen Aufnahmen berücksichtigen muß.

Hierher gehört auch die Messung der von verschiedenen Kopien reflektierten Lichtmengen, welche für die Reproduktionsphotographie nach photographischen Vorlagen in Betracht kommen; so z. B. sind Platinotypien und Heliogravuren wegen der mangelhaften Lichtreflexion in den Schatten weniger für Reproduktionszwecke (Autotypie oder dergl.) geeignet, als Celloidin- oder Aristobilder.

Die photographische Albedo reflektierender Flächen ist variabel mit der Art der sensiblen Schicht und wird in hohem Grade von ihrer Farbenempfindlichkeit und der Anwendung eventueller Lichtfilter beeinflußt.

Gelegentlich einer Untersuchung über die Bestimmung der Expositionszeiten von Autochromaufnahmen stellte Houdaille[1]) die Reflexionsfähigkeit farbiger Papiere in bezug auf weißes Licht fest. Reflektiert ein weißes Papier

die Lichtmenge	1200

so reflektiert

blaßgrünes Papier	300
gelbes Papier.	150
dunkelgrünes Papier	100
rotes Papier	24
schwarzes Papier	15.

II. Normalien für die Helligkeit von Wohnräumen.

In einem Wohn- oder Schulzimmer soll die durchschnittliche Beleuchtungsstärke 50 Lux betragen; das hygienische Minimum für Arbeiten mit den Augen ist 10 Lux.

In Österreich gilt als Beleuchtungsminimum für Schulzimmer 30 Lux, für Zeichensäle 80 Lux (Eders Jahrb. f. Phot. 1906, S. 445).

III. Bestimmung der Lichtmenge für photographische Prozesse in Sekundenmeterkerzen.

Die photographische Reziprozitätsregel.

Zwei Lichtquellen gelten als photographisch gleich hell, wenn sie auf ein und derselben Art photographischer Platten in gleicher Zeit und unter sonst gleichen Umständen gleiche photographische Schwärzung erzeugen.

1) Bull. de la Soc. Franç. 1909, S. 293; Eders Jahrb. f. Phot. 1910, S. 453.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Bei genauen photometrischen Versuchen sollen die Strahlen der Lichtquelle direkt und senkrecht auf die photographische Schicht wirken, ohne daß absorbierende oder reflektierende Zwischenschichten eingeschaltet werden. Für praktische Zwecke schaltet man jedoch häufig solche Zwischenschichten zwischen Lichtquelle und sensibler Schicht ein, z. B. beim Papierskalenphotometer.

Für die photochemische Photometrie muß man außer der Lichtstärke auch die Belichtungszeit in die Rechnung einführen, indem der photochemische Effekt $= i \cdot t$ ist, d. h. der Effekt wird durch das Produkt von Intensität (i) und Belichtungszeit (t) bestimmt oder mit mit anderen Worten: gleichen Produkten aus Lichtstärke und Belichtungszeit entsprechen dieselben photographischen Wirkungen (Bunsen und Roscoës Gesetz[1]), auch photographische Reziprozitätsregel genannt, weil man um so kürzer belichten muß, je größer die Lichtstärke ist.

Beim photographischen Negativprozeß (Bromsilbergelatine mit chemischer Entwicklung) ergibt sich bei genauer Prüfung eine Abweichung von der strengen Regel, indem die Bromsilbergelatine die Eigenschaft hat, von der einstrahlenden Lichtenergie um so weniger für den photographischen Prozeß zu verwenden, je langsamer die Energie zuströmt [Schwarzschild[2]), Eder[3])].

Der photographische Effekt des Lichtes auf Bromsilbergelatine mit Entwicklung wird durch das Produkt $E = i \cdot t^p$ ausgedrückt, wobei p eine für jede Trockenplattensorte bestimmte Konstante ist und ca. 0,8 beträgt.

Auch für intermittierende Beleuchtung machen sich bei photographischen Prozessen Abweichungen geltend (Schwarzschild, Eder a. a. O.).

Die Normallichtquelle soll in einer gewissen Zeit und einem bestimmten Abstand wirken. Als Einheit wird am besten die Wirkung der Hefnerlampe im Abstande von 1 m während einer Sekunde (Sekundenmeterkerzen oder Kerzenmetersekunden) gewählt[4]).

Auch zahlreiche andere Vorschläge liegen vor.

Am Internationalen photographischen Kongreß in Brüssel (1891) wurde beschlossen: Die praktische Lichteinheit, d. i. die Energie des Lichtes gemessen durch empfindliche Oberflächen, bekommt die Bezeichnung „Phot"; die Quantität des Normallichtes wird erhalten durch eine Dezimalkerze (Bougie decimal), deren Licht aus der Distanz von 1 m während einer Sekunde auf 1 qcm fällt (Eders Jahrb. f. Phot. 1892, S. 289).

---

1) Poggend. Annal. d. Phys. 1862, Bd. 117, S. 529.

2) Phot. Korresp. 1899; Eders Jahrb. f. Phot. 1900.

3) Eder, System der Sensitometrie photographischer Platten (Sitzungsber. der k. Akad. d. Wissensch. Wien, Nov. 1899, math.-naturw. Klasse, Bd. 108, IIa).

4) Am photographischen Kongreß 1905 zu Lüttich wurde vorgeschlagen, die wirkende Lichtquelle als „Kerzen-photograph-Meter-Sekunden" (KPMS) oder französisch „bougie-photographique-mètre-seconde" zu bezeichnen (Eders Jahrb. f. Phot. 1907, S. 420).

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Nach dem internationalen Elektrikerkongreß in Genf (1896) wird als Einheit der Lichtmenge das Produkt aus Einheit des Lichtstromes und die Einheit der Zeit bestimmt; in der Praxis der Beleuchtungstechnik soll dies die „Lumenstunde" sein, analog der Amperestunde (Eders Jahrb. f. Phot. 1897, S. 347).

Herschel nannte das Einheitsmaß der wirkenden Lichtmenge eine Aktine.[1])

Abney schlägt vor, das Produkt von Lichtintensität und Zeit ($i.t$) als „ein Talbot" zu bezeichnen, analog einem Ampere usw. der Elektriker (Eders Jahrb. f. Phot. 1897, S. 348).

IV. Synonyme Bezeichnungen für photometrische Methoden.

Die Messung der Intensität der chemisch wirksamen Lichtstrahlen pflegt man meistens Aktinometrie zu nennen, zum Unterschiede von der Photometrie, unter welcher, seit Lambert 1760 diesen Namen zuerst gebrauchte, die Messung der optischen Helligkeit verstanden wird. Jedoch wird diese Unterscheidung durchaus nicht scharf genommen und man spricht sehr häufig von der Photometrie der chemischen Strahlen; andererseits ist als Aktinometer oft ein Instrument bezeichnet, welches die im Sonnenlicht enthaltenen Wärmestrahlen mißt. Marchand suchte die Bezeichnung „Photantitypimeter" statt Aktinometer und „Antitypie" statt chemischer Kraft des Sonnenlichtes einzuführen, Garneri nannte seinen Lichtwirkungsmesser „Photergimeter", Draper gebrauchte den Ausdruck „Tithonometer", De Limency „Lucimeter", Claudet „Dynaktinometer" und Herschel und Hunt nannten ihr selbstregistrierendes chemisches Photometer „Aktinograph", während Jordan für ein ähnliches Instrument den Ausdruck „Heliograph" gebrauchte.

V. Prinzip der Aktinometrie oder chemischen Photometrie.

Um in der Photometrie zu sicheren, mit sich selbst in keinem Widerspruch stehenden Daten zu gelangen, muß man sich vor allem an die mehrfache Wirksamkeit der Lichtstrahlen erinnern. Am frühesten beachtet und selbst bis heute geradezu mit ihrem Begriffe identifiziert finden wir die optisch-physiologische Wirkung der Lichtstrahlen auf die Netzhaut des Auges; gleichfalls frühe wurde bemerkt, daß die Lichtstrahlen nicht bloß leuchten, sondern auch wärmen und chemische Wirkungen verursachen. Die optischen Helligkeiten zweier Lichtquellen gestatten keinen Schluß auf ihre chemischen Wirkungen. Es ist also durch den Fortschritt der Wissenschaft eine mehrfache Photometrie oder Lichtmeßkunst gefordert und jede verlangt ihre eigenen Instrumente und ihre gesonderte wissenschaftliche Erforschung.

---

1) Kreutzers Zeitschr. f. Phot. 1860, Bd. I, S. 188.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Die chemische Wirkung des Lichtes hängt von der Farbenempfindlichkeit der Substanz ab und ist daher z. B. für Silbersalze eine andere als für Chromsalze. Deshalb gibt es streng genommen ebenso viele Photometrien chemisch wirksamer Strahlen, als es lichtempfindliche Substanzen gibt. Glücklicherweise hat sich aber gezeigt, daß wenigstens in weiteren Grenzen verschiedene Fälle hier parallel gehen. Während es ganz und gar unmöglich ist, aus den optischen Wirkungen zweier Lichtquellen Schlüsse auf ihre chemischen Wirkungen zu machen, so ist es erlaubt, aus den Anzeigen des Chlorknallgas-Photometers auf diejenigen des Chlorsilber-Photometers (in weiteren für die Praxis zumeist ausreichenden Grenzen) zu schließen. Reines Chlorsilber und Chlorzitratpapier (Celloidinpapier) haben eine etwas andere Farbenempfindlichkeit und doch sind in gewissen Grenzen beiderlei Anzeigen für Tageslicht vergleichbar, wenn auch bei spektral stark differierenden Lichtquellen eine merkliche Abweichung bei der Photometeranzeige nachweislich ist.

VI. Verschiedene spektrale Zusammensetzungen des Lichtes verschiedener Lichtquellen.

Die relative Helligkeit der Spektralfarben in verschiedenen Lichtquellen ist sehr verschieden. Bald dominiert das Rot und Gelb und die Helligkeit des Violett tritt zurück (Kerzenlicht, Gaslicht), bald ist das Licht relativ reich an Violett und arm an Rot (Magnesiumlicht); hiermit ändert sich nicht nur die Farbennuance, sondern auch die optische Helligkeit und photographische Wirksamkeit.

Betrachtet man das elektrische Bogenlicht und das Gaslicht nebeneinander, so erscheint das erste bläulich, das letzte rötlich; elektrisches Bogenlicht nähert sich mehr der Farbe des Sonnenlichtes; Magnesiumlicht ist mehr bläulich: für die optische Helligkeit verschiedener Lichtquellen ist ihr Gehalt an gelben, roten und grünen Strahlen (das sind die optisch wirksamsten) ausschlaggebend, während die blauvioletten bis ultravioletten Strahlen für die gewöhnlichen photographischen Prozesse die wirksamsten sind. Über die Helligkeitsverteilung im normalen Sonnenspektrum s. König, S. 11 dieses Bandes.

Die Helligkeit verschiedener Teile des Spektrums für verschiedene Lichtquellen wurde von Nichols, Crova[1]), Pickering[2]) quantitativ bestimmt. Der letztere gab eine genaue Tabelle für diese Helligkeiten an, setzte dabei die Helligkeit im Gelb

1) Beiblätter zu d. Annal. d. Physik, Bd. 2, S. 655; Bd. 3, S. 275, 276, 859.

2) Beiblätter zu d. Annal. d. Physik 1880, Bd. 4, S. 728 aus Proc. Ann. Ac. of Arts and Sc. 1880, S. 236.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

(bei der Linie D) = 100 und erhielt folgende Zahlen für die mittels des Auges bestimmte optische Helligkeit:

	Helligkeit an den einzelnen Teilen des Spektrums				Gesamthelligkeit in Kerzen
	C	D	b'	$F^1/_2 G$	
Normalkerze	73	100	104	134	1
Gaslampe	74	100	103	125	16
Kalklicht	59	100	113	285	90
Elektrisches Licht . .	61	100	121	735	362
Magnesiumlicht . . .	50	100	223	1129	215
Mondlicht	87	100	155	363	204
Sonnenlicht	55	100	250	2971	70000

Aus diesen Zahlen geht hervor, daß im Kerzen- und Gaslicht die Intensität der blauen Strahlen ziemlich analog verteilt ist, daß aber im Kalklicht und noch mehr im elektrischen Licht und Magnesiumlicht die blauen Strahlen im Verhältnis zu den roten und gelben in viel reichlicherer Menge vorkommen.

Je stärker feste Körper erhitzt werden, desto größer ist die Intensität des Lichtes und desto mehr blaue und violette Strahlen mengen sich dem ausgestrahlten Lichte bei. Dies gilt für das Drummondsche Kalklicht, für glühenden Platindraht usw.

Interessante Angaben über die relative Helligkeit der Farbenbezirke einiger Lichtquellen macht Köthgen[1]), welche bereits auf Seite 12 erwähnt wurden. (Vgl. auch Rudolf, Chem. Zentralbl. 1905, S. 119).

Schumann[2]) vergleicht elektrische Glühlampen mit der Benzinkerze für die Wellenlängen 676 $\mu\mu$ (Rot), 615 $\mu\mu$ (Gelb), 557 $\mu\mu$ (Grün), 487 $\mu\mu$ (Blau), 464 $\mu\mu$ (Indigo) und 429 $\mu\mu$ (Violett). Außerdem photometriert er eine elektrische Lampe bei verschiedenen Graden der Beanspruchung, also bei verschiedenen Temperaturen; hierbei findet er:

Arbeit in Watt	Rot / Grün	Indigo / Grün	Arbeit in Watt	Rot / Grün	Indigo / Grün
82	0,73	1,70	97	0,62	2,63
86	0,69	1,78	111	0,60	2,91
92	0,66	2,12	118	0,59	2,94
94	0,63	2,43	120	0,58	3.38

Rogers[3]) stellt Vergleiche zwischen der Lichtstärke des Magnesiumlichtes und derjenigen der Argandlampe an; von $\lambda = 670$ bis 450 $\mu\mu$ steigt das Verhältnis von 0,53 bis 8,77. Das Magnesiumlicht ist also sehr reich an stark brechbaren Strahlen.

VII. Das Purkinjesche Phänomen.

Während die Vergleichung der Helligkeit zweier Lichtquellen derselben Färbung leicht ist, gestaltet sich diese Vergleichung bei Lichtquellen verschiedener Farben schwierig. Das Experiment zeigt uns,

1) Wiedem. Annal. d. Phys., Bd. 53, S. 793. Jahrb. f. Phot. 1896, S. 423.
2) E. T. Z., 5. Bd., 1884, S. 220.
3) Sill. J., 3. Folge, Bd. 43, 1892, S. 301.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

daß zwei verschiedenfarbige Lichtquellen, welche unser Auge für gleich hell hält, uns nicht mehr gleich hell erscheinen, wenn man die Intensitäten beider durch Nähern oder Entfernen in demselben Verhältnis vermehrt oder vermindert (Purkinjesches Phänomen).

Auch bei der photometrischen Vergleichung der photographischen Wirkung verschiedenfarbiger Lichtquellen auf photographische Platten mit Hervorrufung läßt sich eine dem Purkinje-Phänomen analoge Erscheinung beobachten, welche freilich nur bei genauerer wissenschaftlicher Behandlung klar nachweisbar ist.

Wenn verschiedene Lichtquellen starke Farbenunterschiede aufweisen, d. h. bedeutende spektrale Verschiedenheit besitzen, so wird die relative photometrische Intensitätsbestimmung merklich beeinflußt. Miethe fand zuerst (Aktinometrie astronomisch-photographischer Fixsternaufnahmen, Rostock 1890, S. 53 und 55), daß die photographische Wirkung einer gewissen Menge Lichtes von der Wellenlänge λ und einer Menge Lichtes von der Wellenlänge λ_1 für verschiedene Vielfache dieser Lichtmenge sich nicht gleichen und daß demzufolge rote Sterne je nach der Expositionszeit, welche man bei den photographischen Vergleichsaufnahmen einhält, im Verhältnisse zu den blauen und weißen Sternen einen stets wechselnden aktinometrischen Wert besitzen. Dabei wird jedoch vorausgesetzt, daß die ersteren so überwiegend viel rotes Licht ausstrahlen, daß wirklich dieses und nicht das noch beigemengte blaue Licht die photographische Arbeit verrichtet. Eder erweiterte zuerst 1899 diese Untersuchungen durch Experimente mit reinen Spektralfarben, und seine Versuche (Sitzungsbericht der kais. Akad. d. Wissensch. 1899; Phot. Korresp. 1900) über den Verlauf der charakteristischen Kurve einer photographischen Platte unter der Einwirkung des Spektrums (Gitterspektrum) stimmen mit Miethes Angaben überein.

Auch Precht machte ähnliche Angaben, ohne die Priorität Miethes zu berücksichtigen (siehe Eders Kritik, Phot. Korresp. 1900, Dezemberheft).

Während der Satz Miethes sicherlich für die von diesem untersuchten Lichtquellen von stark verschiedener spektraler Zusammensetzung gilt, kommt er gerade für jene speziellen zwei Lichtquellen (Amylacetat- und das an Farbe sehr ähnliche Benzinlicht), bei welchen Herr Precht die Nachentdeckung des Mietheschen Satzes gemacht haben will, nicht zur Geltung.

Precht behauptet, daß die relative chemische Helligkeit der Benzin- und Amylacetatlampe mit der Intensität und der Expositionszeit so beträchtlich schwankt, das schon bei einer Entfernung der Lampe von $^1/_2$ auf 1 m die Benzinlampe beträchtlich dunkler erscheint, und zwar um 20% und mehr.

Eder zeigte (vorläufige Mitt., Phot. Korresp. 1900, S. 740; später Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wissensch. in Wien, Dezember 1900), daß die beiden erwähnten Normallampen einander spektral so ähnlich sind, daß sie sich ganz gut im konstanten Verhältnis reduzieren lassen, und alles, was Precht über die Unmöglichkeit der Reduktion der Helligkeit einer Lampe auf die andere sagt, ist unrichtig, ist das Resultat schlecht angestellter Versuche. (Vgl. die kritische Besprechung der Prechtschen Angaben über Sensitometrie durch Eder: „Über sensitometrische Untersuchungen", Phot. Korresp. 1900, S. 238; „Herr Precht und die Sensitometrie", Phot. Korr., S. 626; „Kritische Rückblicke auf Prechts mangelhafte sensitometrische Versuche", Phot. Korr. 1900, S. 738; „Das Purkinjesche Analogon, Herr Precht und ein falsch angewendeter Satz", Phot. Korresp. 1900, S. 740).

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

VIII. Relative Aktinität.

Stellt man zwei verschieden gefärbte Lichtquellen, z. B. eine Kerze und ein Auersches Gasglühlicht, verschieden weit vom Beobachter auf, so können sie in solche Entfernungen gebracht werden, daß sie ein weißes Blatt Papier optisch ganz gleich hell beleuchten. Die optische Helligkeit ist somit in beiden Fällen gleich groß. Bringt man eine photographische Platte an Stelle des weißen Papieres, so empfängt diese somit in beiden Fällen optisch gleich starke Beleuchtung, aber dennoch wird der photographische Effekt der Auerlampe 2,36 mal größer sein als jener des Kerzenlichts. Das Verhältnis der photographischen Helligkeit, dividiert durch das Verhältnis ihrer optischen Helligkeit, nennt man „relative Aktinität".

Während Schwarzschild[1]) diese relative Aktinität für astronomische Helligkeitsmessungen verschiedenfarbiger Sterne benützte, untersuchte Eder zuerst von diesem Gesichtspunkt aus verschiedene künstliche Lichtquellen[2]).

So fand Eder die relative Aktinität folgender Lichtquellen, bezogen auf die Hefnersche Amylacetatlampe und auf gewöhnliche Bromsilbergelatineplatten mit Entwicklung.

Lichtquelle	Relative Aktinität
Englische Wallratkerze	0,82
Auersches Gasglühlicht	2,36
Magnesiumlicht	23,8

d. h. Auersches Gasglühlicht, welches optisch durch entsprechende Entfernung auf die gleiche Helligkeit gebracht wird wie die Hefnerkerze, wirkt photographisch auf Bromsilbergelatineplatten mehr als doppelt so kräftig, Magnesiumlicht sogar ca. 24 mal stärker.

Natürlich hängt die relative Aktinität nicht nur von der Natur der Lichtquelle ab, sondern auch von der Qualität (Farbenempfindlichkeit) der belichteten photographischen Platte. Z. B. ist die relative Aktinität von Magnesiumlicht gegenüber einer orthochromatischen Erythrosinplatte wesentlich geringer als bei einer gewöhnlichen Bromsilber-

1) Schwarzschild, „Über die photographische Vergleichung der Helligkeit verschiedenfarbiger Sterne" (Sitzungsber. kais. Akad. Wissensch. Wien 1900, Math.-naturw. Kl, Abt. IIa, Bd. 119.

2) Eder, „System der Sensitometrie" (Sitzungsber. der kais. Akad. d. Wissensch., Juli 1901). — Ferner: Eder, „Photometrische Untersuchungen der chemischen Helligkeit usw." (Sitzungsber. d. kais. Akad. Wissensch., Math.-naturw. Kl., Abt. IIa. Bd. 112, April 1903).

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

platte, weil auf die gelbgrünempfindliche orthochromatische Platte das Magnesiumlicht bei weitem nicht um so viel kräftiger wirkt als Amyllicht.

Im anderen Sinne ändert sich die relative Aktinität des Magnesiumlichtes bei Benutzung von Chlorsilbergelatineplatten mit Entwicklung. Während die relative Aktinität des Magnesiumlichtes (an der Luft brennendes Magnesium) bei Bromsilbergelatineplatten = 23,8 ist, wächst sie für Chlorsilbergelatine auf 47,8, weil eben das Chlorsilber besonders empfindlich für Violett und Ultraviolett ist, an welchen Strahlen Magnesiumlicht besonders reich ist.

IX. Normal-Lichtquellen (Lichteinheiten) für photometrische Zwecke und zur Bestimmung der Lichtempfindlichkeit photographischer Präparate.

Sowohl zu den Zwecken der Helligkeitsmessung (Photometrie) verschiedener Lichtquellen, als auch andererseits zur Bestimmung der Lichtempfindlichkeit photographischer Präparate benötigt man sogenannter „Normal-Lichtquellen“ oder „Lichteinheiten“, welche als Maßeinheit der Lichtstärke dienen. Man verlangt von einer Normal-Lichtquelle, daß sie

1. zu jeder Zeit und an jedem Orte der Erdoberfläche von vollkommen gleicher Intensität zu beschaffen sei;
2. daß nicht nur die optische Helligkeit, sondern auch die chemische Intensität des Lichtes jederzeit konstant sei; und daß
3. die Normal-Lichtquelle alle Gattungen von Lichtstrahlen aussende, welche bei photographischen Prozessen in Betracht kommen.

Es ist sehr schwierig, Normal-Lichtquellen zu finden, welche allen diesen Anforderungen entsprechen.

Das gewöhnliche Licht einer Kerze, Leuchtgasflamme, Öl- oder Amylacetatlampe kann wohl von annähernd konstanter Helligkeit (Intensität) erhalten werden; allein das von diesen Lichtquellen ausgesendete Licht ist arm an blauen, besonders aber an violetten und ultravioletten Strahlen, auf welche es bei den gewöhnlichen photographischen Prozessen mit Silbersalzen hauptsächlich ankommt und welche in der Tat auch im Sonnenlicht reichlich vorkommen. Das elektrische Bogenlicht, welches auch reich an Strahlen von starker Brechbarkeit (Blau, Violett und Ultraviolett) ist, ist schwer konstant zu erhalten; das Licht von brennendem Magnesium ist allerdings reich an blauen, violetten und ultravioletten Strahlen, aber dafür arm an roten, gelben und grünen Strahlen, von welchen Farben das Magnesiumlicht kein kontinuierliches, sondern bloß ein mit einzelnen Linien durchsetztes Spektrum aufweist.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Ähnliches ist beim blaßblauen Lichte des brennenden Kohlenoxydes der Fall, welches wohl ein kontinuierliches Spektrum aussendet, aber fast keine roten und gelben Strahlen enthält. Am meisten entspricht das von weißglühendem Platin ausgesendete Licht allen theoretischen Anforderungen, weil es ein kontinuierliches Spektrum aller Strahlen von Rot bis Ultraviolett gibt und große Intensität besitzt; jedoch ist die praktische Herstellung dieser Lichtquelle enorm schwierig.

Schließlich sei erwähnt, daß im Photometerzimmer der Ausschluß des Tageslichtes und jedes anderen fremden Lichtes möglich sein soll und daß dessen Wände zur Vermeidung von störenden Reflexen mattgrau oder dunkel angestrichen oder mit schwarzem Samt ausgekleidet sein sollen.

Die Sonne ist für uns eine schlecht definierte Strahlungsquelle, weil ihre Strahlen je nach ihrem Stand am Himmel eine verschieden dicke Atmosphärenschicht durchdringen müssen und ihre Urfarbenverteilung ändert. (Vgl. S. 13.)

Im Nachstehenden sollen die gebräuchlichsten älteren und neueren Formen der Normal-Lichtquellen aufgezählt werden.

1. Die Kerze

ist die älteste Einheits-Lichteinheit und wurde insbesondere in England verwendet, wo man sie noch gegenwärtig in manchen Fällen benutzt. Die englische Normalkerze wird aus echtem Walrat nach bestimmten Vorschriften hergestellt (vgl. Liebenthal a. a. O.). In England läßt man die Kerze ungestört brennen; die Lichtstärke wird als normal (= 1) angesehen, wenn der stündliche Verbrauch 120 engl. Grains (= 7,78 g) beträgt. Liegt der Verbrauch zwischen 114 und 126 Grains, so wird die Lichtstärke dem Verbrauch proportional angenommen. Die Flammenhöhe während der Messungen soll $1^3/_4$ Zoll engl. = 44,5 mm betragen.

Die Kerze des Vereins der deutschen Gas- und Wasserfachmänner ist aus Paraffin hergestellt. Nach den Versuchen von Rüdorff (Journal f. Gasbeleuchtung 1869, S. 577) zeigt diese Kerze jedoch eine nicht genügende Konstanz der Lichtstärke; sie ist nicht besser als die Walrat- und Stearinkerze.

Für genauere Proben, z. B. der Messung der Plattenempfindlichkeit, ist diese Lichteinheit wohl zu ungenau; sie wird trotzdem ab und zu, z. B. beim Sensitometer von Hurter und Driffield, von Chapman Jones (s. d.), verwendet.

Die optische Lichtstärke einer englischen Normalkerze ist = 1,14 Hefnerkerzen.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

2. Die Carcellampe

wurde von Carcel im Jahre 1800 konstruiert und im Jahre 1842 als offizielles Lichtmaß in Frankreich eingeführt; sie ist eine der ältesten, jedoch nunmehr veralteten Lichteinheiten. Sie wird mit Rapsöl gespeist und hat einen Argandbrenner (Rundbrenndocht). Gewisse Lampenkonstruktionen, konstante Flammenhöhe usw., ermöglichen die Herstellung ziemlich konstanten Lichtes. 1 Carcel = 10,9 Hefnerkerzen. In der chemischen Photometrie wird sie kaum verwendet, da sie wenig genau ist.

Die Carcellampe ist sehr kompliziert, verwendet keinen einheitlichen Brennstoff, kann erst 25 Minuten nach dem Anzünden verwendet werden und ist auch von den französischen Fachleuten als ungenau bezeichnet worden.

3. Die Hefnerkerze.

Die Hefnerkerze (HK) oder Hefnerlampe wurde 1884 von Hefner-Alteneck konstruiert und sie drang allmählich als sehr verläßliche, allen Anforderungen der optischen und photographischen Photometrie sowie der Sensitometrie vollkommen entsprechende Lichteinheit durch. Die Hefnerkerze dient als Lichtmaß für die Helligkeitsmessung der Leuchtgasflammen, der elektrischen Beleuchtung und auch für die Empfindlichkeitsmessung photographischer Platten.

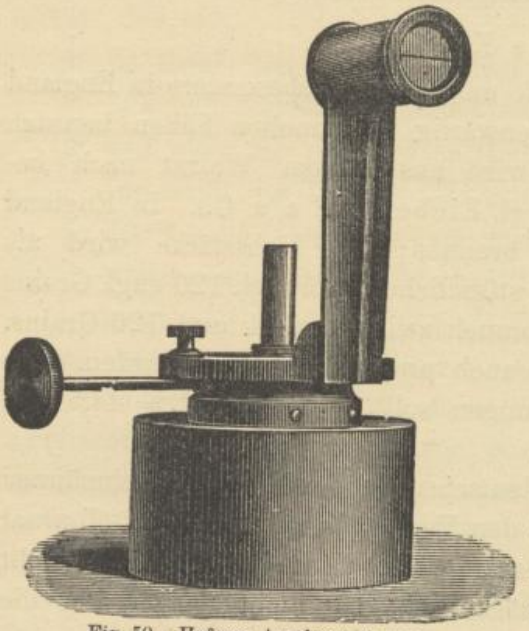


Fig. 50. Hefners Amylacetatlampe.

Die Hefnersche Amylacetat-Normallampe (HK) ist eine Lampe, in welcher Amylacetat mittels eines Baumwolldochtes verbrannt wird; diese Substanz ist leicht von konstanter Zusammensetzung zu haben und brennt mit ruhiger, helleuchtender rauchloser Flamme. Die spektrale Zusammensetzung ist ähnlich wie bei einer Kerzenflamme.

Die Hefnerlampe besteht aus einem Flüssigkeitsbehälter für das Amylacetat, dem die Dochtführung enthaltenden Brennerkopf und dem neusilbernen Dochtrohr und einer Vorrichtung zum Höher- und Tieferstellen des Dochtes. Die Flamme brennt frei an der Luft; sie steigt aus dem Querschnitt eines massiven mit Amylacetat gesättigten Dochtes auf, der ein kreisrundes Dochtröhrchen aus Neusilber von 8 mm innerem,

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

8,2 mm äußerem Durchmesser und 25 mm freistehender Länge ausfüllt, bei einer Flammenhöhe von 40 mm von dem Rande des Dochtröhrchens bis zur Flammenspitze und wenigstens 10 Minuten nach dem Anzünden gemessen. Zur genauen Einstellung der vorgeschriebenen Flammenhöhe dient ein optisches Visier oder besser der optische Flammenmesser von Krüß (Fig. 50). Bei dem letzteren wird durch eine Linse auf einer mit einer Strichmarke versehenen Mattscheibe das Bild der Flammenspitze erzeugt. Die Flammenhöhe muß sehr genau eingehalten werden, da sich die Leuchtkraft der Hefnerlampe um etwa 3% ändert, wenn die Flammenhöhe nur 1 mm zu- oder abnimmt. Auch hat die Reinheit der Luft einen Einfluß auf die Flamme, da durch zu viel Kohlensäure oder Wasserdampf ihre Helligkeit herabgesetzt wird (siehe Liebenthal a. a. O.). Solche Lampen liefern H. Krüß in Hamburg, Siemens & Halske in Berlin und Schmidt & Haensch in Berlin. Seit 1905 wird die Hefnerlampe von der Reichsanstalt in Berlin geprüft und amtlich beglaubigt. — Setzt man die Hefner-Alteneckesche Amylacetatlampe = 1, so besitzt die deutsche Vereins-Paraffinkerze von 50 mm Höhe die Helligkeit = 1,224 und die englische Walratkerze (K) von 45 mm Flammenhöhe = 1,140.

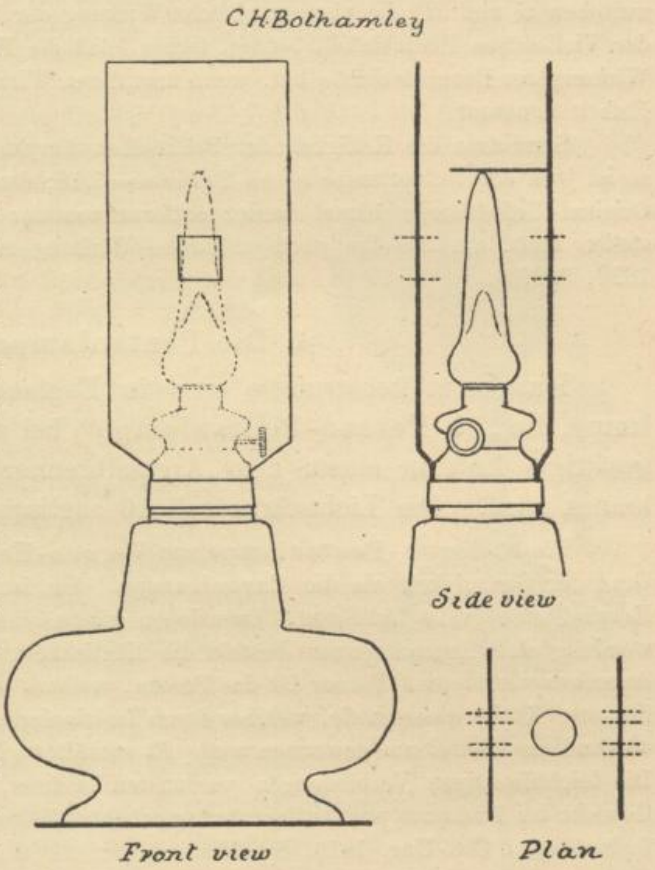


Fig. 51. Amylacetatlampe mit Fenster.

Es erscheint jedoch wichtig, ein konstantes Flammenmaterial (Siedepunkt 138 Grad C.) zu besitzen; das Amylacetat soll frei von Essigsäure und Wasser sein, Gehalt an Amylalkohol schadet weniger.

Man hat auch am Pariser Phot.-Kongreß (1889) vorgeschlagen, vor die Flamme 1 cm von der Flammenachse entfernt einen Schirm anzubringen, welcher ein horizontales Fenster von 4 mm Breite und 30 mm Länge besitzt; dieses Fenster ist aus dünnem

Metall angefertigt und auf einer verschiebbaren Röhre auf dem Dochthalter befestigt und 10 mm über dessen Ende befindlich, so daß es sich leicht auf- und abschieben und vor den hellsten Teil der Flamme bringen läßt. Auch von C. H. Bothamley rührt ein ähnlicher Vorschlag her. Fig. 51 zeigt die Amyllampe mit ihrem Fenster (Jahrb. f. Phot. 1890, S. 54). Diese Abart der Hefnerlampe hat sich aber nicht eingebürgert.

Am Internationalen Photogr.-Kongreß in Brüssel (1891) wurde ein neuerdings von Pellin in Paris hergestelltes Modell der Amylacetatlampe mit Schirm empfohlen, welche lichtschwächer als die Hefnerlampe ist und 0,12 der Intensität der Carcellampe betrug. Violle fand, daß auf Bromsilbergelatineplatten (Hauptwirkung des Spektrums zwischen *G* und *H*) die photographische Wirkung der Pellinschen Lampe nur 0,0015 der Violleschen Platineinheit betrug, ferner, daß die Pellinsche Lampe nur 0,03 der Wirkung der Bougiedezimale hat, wenn man deren Wirksamkeit $= {}^1/_{20}$ der Violleschen Einheit annimmt.

Setzt man die Helligkeit der Pellinschen Amylacetatlampe mit Schirm = 1,00, so ist jene der Hefnerlampe ohne Schirm = 3,16; daraus ergibt sich, daß man die Original-Hefnerlampe 10mal weiter entfernt von der photographischen Platte aufstellen muß, um dieselbe photographische Wirkung zu erzielen (Jahrb. f. Photogr. 1892, S. 292).

4. Die Pentanlampe.

Harcourt konstruierte eine in England gebräuchliche Normallampe, die „10-Kerzen-Pentanlampe", bei welcher mit Pentandampf[1]) gesättigte Luft in einem dem Argandbrenner ähnlichen Brenner verbrannt wird. Die Lichtstärke soll 10 englische Walratkerzen betragen.

Die 10-Kerzen-Pentanlampe von Vernon-Harcourt besitzt einen größeren Grad der Genauigkeit als die Carcellampe. Sie ist jedoch ebenfalls kompliziert. Es sind eine große Zahl von Dimensionen genau einzuhalten und zufolge der Anwendung eines Argandbrenners besteht die Möglichkeit, daß sich die kleinen Öffnungen desselben verstopfen. Ferner ist das Pentan, welches angewendet wird, ein Gemisch isomerer Kohlenwasserstoffe, welches durch fraktionierte Destillation zwischen 25 und 45 Grad aus Petroleum gewonnen wird. Es enthält auch noch Homologe des Pentans. Die leichtflüchtigen Verbindungen verdunsten leichter, so daß sich das spezifische Gewicht bei Transport und Aufbewahrung erhöht. (Zeitschr. d. Ver. d. Gas- u. Wasserfachmänner i. Öst.-Ung. 1910, Nr. 24.)

5. Die Azetylenlampe.

Das gasförmige Azetylen entspricht den Forderungen zur Herstellung einer Lichteinheit in hohem Grade, weil es als ein konstant zusammengesetztes Gas von hinlänglicher Reinheit[2]) leicht hergestellt

---

1) Pentan wird aus amerikanischem Petroleum destilliert; es ist flüssig und siedet bei etwa 40° C; sättigt man Luft mit dessen Dampf, so brennt das Gemisch mit heller Flamme.

2) Die Verunreinigungen des technischen Azetylengases sind Phosphorverbindungen (Phosphorwasserstoff), Schwefelverbindungen (Schwefelwasserstoff), Ammoniak; bei schlechtem Vergasen bei der Azetylenerzeugung: Methan, Wasserstoff, Teerdämpfe

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

werden kann. Violle (Compt. rend. 1896, Bd. 122, S. 79) brennt Azetylen in Schmetterlingsflammen. — Féry verbrennt Azetylen in einem Einlochbrenner: einer scharf abgeschnittenen Kapillare eines Thermometerrohres von 0,5 mm Durchmesser. Entsprechend dem Gasdruck schwankt die Flammenhöhe zwischen 5 und 35 mm; der stündliche Verbrauch zwischen 1,15 bis 6 Liter. Es wird stets die ganze Flamme benutzt; die Lichtstärke derselben ist für Flammenhöhen von 10 und 25 mm eine lineare Funktion der Flammenhöhe, so daß man die Lichtstärke bei der benutzten Flammenhöhe berechnen kann, sobald man die Lichtstärke für eine bestimmte Flammenhöhe gemessen hat (vgl. Liebenthal a. a. O.).

F. Monpillard modifizierte die Ferrysche Normal-Azetylenlampe. Das Azetylen brennt aus einem Loch-Specksteinbrenner von 0,3 mm Durchmesser, der bei einem Druck von 110 mm in der Stunde 5 Liter Gas konsumiert. Die Flamme hat eine Höhe von 20 mm und eine Breite von 3 mm. Eine Schlitzblende (ähnlich wie bei der Scheinerschen Benzinlampe) blendet das Licht ab (Bull. Soc. franç. Phot. 1905, S. 138; Eders Jahrb. 1905, S. 352; 1906, S. 440).

Das Viollesche Azetylen-Normallicht ist in dem Spektralgebiete C bis F dem des schmelzenden Platins sehr ähnlich und außerdem reich an aktinischen Strahlen (Zeitschr. f. phys. Chemie 1896, Bd. 20, S. 613; Eders Jahrb. f. Phot. 1897, S. 348).

Die Ferrysche Azetylen-Normallampe[1]), welche in Fig. 52 abgebildet ist, wird in ihrer neuen Form von Ph. Pellin in Paris, Rue de l'Odéon 21, erzeugt.

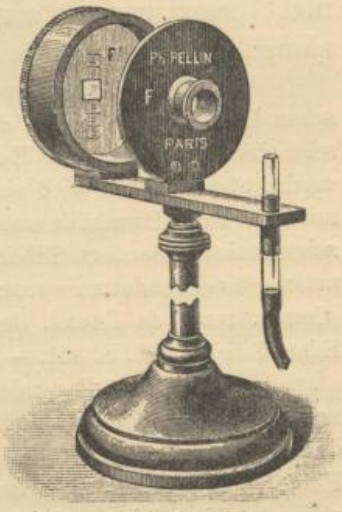


Fig. 52.
Ferrys Acetylen-Normallampe.

Am Internationalen Kongreß für Photographie in Liége 1905 wurde als sekundäre Lichteinheit für photographische Photometrie das Azetylenlicht empfohlen, und zwar eine Azetylenkerze, welche $^1/_{20}$ der Violleschen Lichteinheit beträgt (Revue des sciences phot. 1906, S. 26; Eders Jahrb. 1906, S. 440).

(zufolge zu hoher Temperatur, und sekundär durch Polymerisation des Azetylens). Man reinigt Azetylen durch Chromsäurelösung (z. B. Kaliumbichromat und Schwefelsäure in Kieselgur aufgesaugt, sog. „Heratal“) oder Chlorkalk oder ein Gemisch von Chlorkalk mit 15% Bleichromat usw. Vgl. G. Keppeler, Über die Reinigung des technischen Azetylens. Habilitationsschrift, München 1902; ferner Journal f. Gasbeleuchtung 1904 und 1905; ferner Luegers „Lexikon der gesamten Technik“ 1904, II. Aufl., Bd. I, S. 56.

1) Genau beschrieben im Berichte der Exposition Franco-Britannique in London 1908, ferner Journal de Physique, Bd. 3, 3. Nov. 1904.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

6. Die Viollesche Platin-Lichteinheit.

Als Lichteinheit für photographische Zwecke wurde vom Kongreß für Photographie 1889 in Paris die sogenannte Viollesche Einheit (welche früher vom Kongreß der Elektriker im Jahre 1881 akzeptiert wurde) angenommen. Diese Viollesche Lichteinheit[1]) wird durch diejenige Lichtmenge gebildet, welche 1 qcm weißglühendes geschmolzenes Platin im Augenblicke des Erstarrens in senkrechter Richtung aussendet.

Diese Lichteinheit ist jedoch sehr schwierig herzustellen und zur praktischen Verwendung kaum geeignet.

Am Elektrikerkongreß in Genf wurde im Jahre 1896 die Viollesche Einheit beibehalten. Weiter wurde dort unter dem Namen „Bougie décimale" $= 1/20$ Violle = der Lichtstärke der Hefnerlampe als internationale Gebrauchseinheit festgesetzt. Jedoch ist diese Reduktionszahl nicht ganz genau, sondern sie wurde erst später mit größerer Genauigkeit festgestellt (s. folgende Tabelle).

Die Untersuchungen von Moissan über das Verdampfen der Metalle im elektrischen Ofen haben Violle dazu geführt, andere Metalle an Stelle des sonst üblichen schmelzenden Platins zur Herstellung einer Lichtnormale zu benutzen. Über das zu verdampfende Metall wird ein Kohlerohr im elektrischen Ofen angebracht, welches sich mit dem Dampf umhüllt und von außen beobachtet werden kann. Von den Metallen zeigten sich besonders Silber und Kupfer geeignet. Um als konstante Strahlungsquelle praktisch verwendet zu werden, bedarf der Apparat nur noch kleiner Vervollkommnungen (Compt. rend. de l'Acad. des sciences; Chem. Zentralbl. 1906, Bd. I, Nr. 5, S. 356; Eders Jahrb. 1906, S. 451. — Vgl. ferner Liebenthal, Praktische Photometrie).

Da die Herstellung der Violleschen Einheit sehr kostspielig und schwierig ist, schlug Werner v. Siemens 1884 vor, nicht die Lichtstärke des erstarrenden, sondern des schmelzenden Platins zu messen, indem er den elektrischen Strom durch Platinblech schickte und den Strom bis zum Durchschmelzen des Platinstreifens steigerte. Das Lichtmaß ist aber nicht brauchbar, weil das Platinband bei sehr verschiedenen Lichtstärken durchschmilzt.

7. Tabelle der wichtigsten Lichteinheiten.

Folgende Tabelle gibt den relativen Wert der optischen Helligkeit verschiedener Normallichtquellen verglichen mit der Hefnerkerze:

	Hefnerkerzen (HK)
Hefnersche Amylacetatlampe	1
10-Kerzen-Pentanlampe	10,9
Carcellampe	10,9
Englische Wallratkerze	1,14
Bougie décimale	1,14
Viollesche Einheit	22,8

1) Violle, Note sur les experiences effectuées pour la détermination de l'etalon absolu de lumière. (Gauthier-Villars, Paris 1884.) — Ferner vgl.: Liebenthal, Praktische Photometrie.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

8. Bunsen und Roscoës Normalflamme mit Kohlenoxyd.

Brennendes Kohlenoxydgas gibt nach Bunsen und Roscoë eine vollkommen konstante Lichtquelle.

Bunsen und Roscoë wählten beim Chlorknallgas-Photometer als Normalflamme eine in atmosphärischer Luft verbrennende Kohlenoxydflamme, die auf einer kreisrunden, 7 mm im Durchmesser haltenden Öffnung eines Platinbrenners brennt und deren Gaszufluß durch eine verschwindend kleine Druckdifferenz bewirkt wird und 5 ccm von 0 Grad C bei 760 mm Druck in der Sekunde beträgt.[1]) Hierzu wurde konstatiert, daß mit dem Zuwachs des strömenden Gases der Zuwachs der von der Flamme ausgeübten chemischen Wirkung proportional ist, wenigstens innerhalb der Grenze von 3 bis 6 ccm pro Sekunde. Mittels dieser Normalflamme wurden zunächst die Angaben verschiedener Instrumente auf ein und dieselbe Lichteinheit reduziert und untereinander vergleichbar gemacht. Als chemische Lichteinheit wurde diejenige chemische Wirkung angenommen, welche die Normalflamme bei 1 m Entfernung in einer Minute ausübt. Zehntausend Lichteinheiten geben einen Lichtgrad. Wo es sich darum handelt, die in einer gewissen Zeit auf ein Flächenelement auffallende Lichtmenge in absolutem Maße auszudrücken, fanden sie es am zweckmäßigsten die photochemische Wirkung in Höhen einer Salzsäureschicht anzugeben, welche über der bestrahlten Fläche erzeugt sein würde, wenn das auffallende Licht eine unendlich große Chlorknallgasschicht parallel durchstrahlt hatte. Sie nannten der Kürze wegen diese in Metern gemessene Höhe „Lichtmeter".

Flammen von gewöhnlichen Lampen verwarfen Bunsen und Roscoë, weil sie Schwankungen ihrer optischen und chemischen Helligkeit zeigen, ebenso wie durch den elektrischen Strom glühend gemachte Metalldrähte.[2])

Trotz der vollkommen konstanten Intensität der Kohlenoxydflamme ist dieses Normallicht (außer zu den Untersuchungen von Bunsen und Roscoë) kaum in Verwendung gekommen, weil seine Herstellung umständlich und zeitraubend ist und die blaßblaue Flamme fast keine roten und gelben Strahlen aussendet und dadurch z. B. zur Prüfung orthochromatischer Platten unverwendbar ist.

9. Leuchtgasflammen als Normallicht.

Für praktische photographische Arbeiten, bei denen man ein Normallicht nötig hat (z. B. Vergleichung der Empfindlichkeit photographischer Platten), ist das Kohlenoxyd-Normallicht nicht verwendbar, jedoch ist gewöhnliches Leuchtgas einigermaßen brauchbar.

Man lasse Leuchtgas (Steinkohlengas) aus einem Rohr[3]) von 1 mm Öffnung ausströmen, entzünde es und reguliere den Gaszutritt derartig, daß die Flammenhöhe 68,4 mm beträgt. Bei diesem Licht exponiere man die photographischen Platten unter irgend einem Skalenphotometer usw., dessen Grade bekannte Werte haben (z. B. Vogels Photometer), in einer Distanz von 1 m durch eine bestimmte Zeit (Bromsilbergelatine $^1/_4$ bis 1 Minute). Dann wird die Platte mit dem Entwickler behandelt.

---

1) Die genaue Beschreibung dieses Brenners s. Poggend. Annal. 1859, Bd. 108, S. 193. (Auch Pizzighelli, Aktinometrie, 1884, W. Knapp in Halle a. S.)

2) Poggend. Annal. 1859, Bd. 108, S. 194.

3) Messingrohr mit Platinspitze.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Die Intensität der Flamme eines Leuchtgas-Einlochbrenners von bestimmter Höhe ist, wie Giroud zeigte[1]), konstant, selbst dann, wenn die Leuchtkraft des Gases um 15% auf- und abschwankt. Die Leuchtkraft eines Einlochbrenners von 67,5 mm Flammenhöhe ist gleich $^1/_{10}$ Carcellampe = 0,96 Wallratkerzen = 0,983 deutschen Vereinskerzen; beträgt die Flammenhöhe 68,4 mm, so ist die Leuchtkraft = 1,00 engl. Wallratkerzen.

Verfasser hat Versuche mit diesem Brenner gemacht und in der Tat während der Beobachtungszeit von mehreren Stunden genügend konstante Resultate erhalten.

10. Benzinlampe als Zwischenlichtquelle.

Die Benzinlampe wird in der Photometrie häufig als sekundäre Standard (Zwischenlichteinheit) benutzt, z. B. von Hefner-Alteneck[2]), L. Weber[3]), Uppenborn[4]), Stine[5]) und vom Verfasser.

Für photographische Sensitometrie wurde die Anwendung der Benzinlampe von Scheiner vorgeschlagen (s. Scheiners Sensitometer) und vom Verfasser durch zahlreiche Messungen begründet[6]).

Die Benzinlampe, in welcher die Flamme mit Glaszylinder, freier Austrittsöffnung und Blendungsfensterchen brennt, ist eine vorzügliche Zwischenlichtquelle. Diese Lampe wurde von Scheiner behufs Sensitometrie photographischer Platten konstruiert; sie wird von der mechanisch-optischen Werkstätte von Toepfer in Potsdam erzeugt. Die optischen und photographischen Konstanten dieser Lampe wurden von Eder zuerst genau festgestellt, welcher auch den Einfluß der Benzinqualität feststellte.

Die Außenansicht zeigt Fig. 52. Sie entspricht dem Typus einer sogenannten „Ligroinlampe“ mit großer Höhe des Saugdochtes; der letztere ist dicht gewebt und durch ein Zahnrad verstellbar. Die Höhe der Dochthülle beträgt 14 cm, der Durchmesser 6 mm. Der Ligroinbehälter im Lampenfuße faßt über 100 ccm des Leuchtmaterials.

---

1) Giroud, Journal für Gasbeleuchtung 1880, S. 700. Er fand weiter, daß bei gleichem Gas und gleicher Brenneröffnung die Flammenhöhe des Einlochbrenners direkt proportional dem Konsum ist; ferner, daß für verschiedenes Leuchtgas und gleiche Flammenhöhe der Konsum im umgekehrten Verhältnisse zur Leuchtkraft des Gases steht. — Auf einem ähnlichen Prinzipe konstruierte Lowe (Schillings Handbuch für Steinkohlengasbeleuchtung; 3. Aufl., S. 219) seine vielfach angewandte Photometer-Methode.

2) Elektrotechn. Zeitschr. 1883, Bd. 5, S. 455.

3) Bei dem bekannten Weberschen optischen Photometer.

4) Zentralbl. f. Elektrotechn. 1888, Bd. 10, S. 486.

5) Stine, Photometrical Measurements 1900.

6) Vgl. Eder, System der Sensitometrie (s. unten).

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Die Flammenhöhe, welche mittels eines Diopters kontrolliert wird, beträgt 28 mm. Der Diopter besteht in seiner (auf des Verfassers Anregung hin ausgeführten) neuen Form aus einem durchlochten Blechring, der rings um die Mitte als Höhenmarke für die Flammenspitze einen feinen Draht trägt. Die Flamme wird seitlich durch ein Fensterchen abgeblendet; der horizontale Spalt in diesem Fensterchen ist 1 mm hoch und 15 mm breit; die Unterkante liegt 14,5 mm, die Oberkante 15,5 mm über der Dochthülse. Die Entfernung des Fensterchens von der Dochtachse beträgt 14 mm. Der rote Glaszylinder, welcher die Flamme einschließt, hat einen Durchmesser von 45 mm und eine Höhe von 23 cm. Das runde Loch im Zylinder, welches das durch die Spalte fallende Licht frei austreten läßt, besitzt einen Durchmesser von 17 mm.

Die Untersuchungen Eders (a. a. O.) zeigen: 1. daß die Benzinlampe als konstanter sekundärer Standard akzeptiert werden kann; 2. daß der Einfluß der geringen etwaigen spektralen Verschiedenheit der Benzin- und Amylacetatlampe als belanglos für die Reduktion ihrer relativen chemischen Helligkeit bei Bromsilbergelatine anzusehen ist; 3. daß die Reduktion der Helligkeit der Benzinlampe auf die Hefnersche Einheit mit großer Genauigkeit in der Weise möglich ist, daß man jenen Lichtabstand beider Lichtquellen bestimmt, in welchem sie (bei gleicher Belichtungsdauer) den gleichen photographischen Effekt geben. Die Resultate sind innerhalb weiter Grenzen konstant (bei proportionaler Vermehrung oder Verminderung der Lichtintensität und Expositionszeit), wenn man bei den Schwärzungsmessungen der photographischen Platten störende Nebeneinflüsse fernhält und die Bedingungen normaler Belichtung und Entwicklung erfüllt. 4. Sollen die sensitometrischen Angaben über Empfindlichkeit, Schwellenwert usw. photographischer Bromsilbergelatineplatten direkt mit Benutzung des Hefnerlichtes (Hefners Amylacetatlampe) vorgenommen werden ohne Anwendung der Scheinerschen Benzinlampe als Vergleichslicht (sekundären Standard), so kann man normale Scheinergrade dadurch erhalten, daß man das frei brennende Hefnerlicht in einer Distanz von 3,637 m (d. i. Abstand der Dochtachse der Hefnerlampe von der sensiblen Plattenschicht im

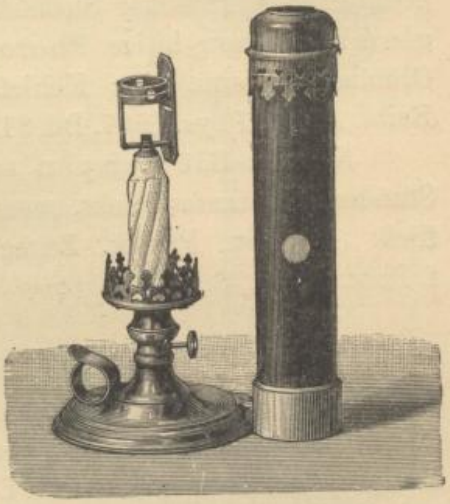


Fig. 52. Scheiners Normal-Benzinlampe.

Scheiner-Sensitometer, großes Modell) aufstellt.[1]) (Vgl. Eders Jahrb. f. Phot. 1901, S. 583.)

Der Verfasser benutzt Petroleumbenzin (sog. Gasolin), wie es für Ligroinlampen verwendet wird und zwar von der Petroleumraffinerie Gerson Boehm und Rosenthal in Wien, mit dem spez. Gew. von 0,704 bei 15° C, und einer Siedegrenze von 60 bis 100° C. (Über den Einfluß der Benzinsorten s. Phot. Korresp. 1899, S. 714.)

Der Verfasser fand, daß die etwa vorhandene geringe spektrale Verschiedenheit der Benzin- und Amyllampe belanglos für die Verwendbarkeit zur Sensitometrie von Bromsilberplatten ist. Stellt man eine freibrennende Hefnerlampe in einer Distanz von 3,637 m von einer photographischen Platte auf (Abstand der Dochtachse), so entspricht dies der Helligkeit der Scheinerschen Lampe = 0,0756 der Hefnerschen Normallampe.[2])

11. Elektrische Glühlampen als Normallampen.

Elektrische Glühlampen von bekannter Helligkeit und bei konstant gehaltener elektrischer Stromstärke (mit Akkumulatoren) sind als Vergleichslampen beim Photometrieren sehr geeignet. Metallfaden-Glühlampen sind den Kohlefadenlampen hierbei vorzuziehen (Dow, Beibl. Annal. Phys. 1907, Bd. 31, S. 321; Eders Jahrb. f. Phot. 1907, S. 421.)

Nernst-Glühlampen sowie Metallfadenlampen liefern viele Stunden konstantes Licht, wenn konstanter elektrischer Strom sie durchfließt (Nernst, Physik. Zeitschr. 1906, Bd. 7, S. 380; Eders Jahrb. f. Phot. 1907, S. 421).

12. Magnesium als Normallicht.

Nicol schlug vor, ein Quantum eines Gemisches von gepulvertem Magnesium und Salpeter zu verbrennen; er nahm an, daß bei gleichen Mengen sich stets gleich viel Licht entwickelt. (Phot. Wochenbl. 1881, S. 140; Brit. Journ. Phot. 1881, S. 182.) Diese Annahme ist aber nach Eders Versuchen nicht zutreffend.

Wenn man ein genau gewogenes Quantum ganz reines Magnesiumband in einer bestimmten Distanz vor der zu prüfenden, unter einem Sensitometer befindlichen Platte verbrennt, erhält man ein nur für sehr mäßige Ansprüche genügend konstantes Licht.

---

1) Mit anderen Worten: Die chemische Helligkeit der Scheiner-Benzinlampe (mit der vom Verfasser erwähnten Benzinsorte) in 1 m Abstand ist für Bromsilbergelatine gleich dem Hefnerlichte vom Abstande 3,637 m.

2) Eder, System der Sensitometrie I, Sitzungsber. d. k. k. Akad. d. Wissensch Wien, Math.-naturw. Bl., 9. Nov. 1899; — II. Abhandl. ebenda 6. Dez. 1900. (Daselbst Zurückweisung unbegründeter Kritik Prechts über diese sekundäre Lichtquelle.)

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Es muß ausdrücklich bemerkt werden, daß die Lichtintensitäten verschiedener Gewichtsmengen verbrannten Magnesiumdrahtes keineswegs proportional der Menge des verbrannten Magnesiumdrahtes sind. Die sich bildende Wolke von Magnesia verhüllt nämlich teilweise die Flamme und das um so mehr, je länger die Verbrennung andauert.

Etwas bessere Resultate erhält man, wenn man gleiche Gewichtsmengen gleichmäßig dicken Magnesiumbandes verbrennt; aber auch dann unterliegen die entwickelten Lichtstärken (selbst unter scheinbar ganz gleichen Versuchsbedingungen) nicht unbeträchtlichen Schwankungen, da das Magnesiumband nicht völlig an der Luft verbrennt, sondern ein wenig Magnesium unverbrannt verdampft[1]) und variable Rauchbildung auftritt.

Über Anwendung des Magnesiums zur Photometrie siehe H. W. Vogel (Eders Jahrb. 1896, S. 425), wobei allerdings die nicht ganz zutreffende Bemerkung gemacht wird, daß brennendes Magnesium konstantes Licht liefert.

13. Radiometer.

Das Radiometer (Lichtmühle) von Crookes (im Jahre 1874 erfunden), bei welchem ein leichtes Kreuz in einer luftleeren Glaskugel durch die Lichtstrahlen windmühlenartig bewegt wird (s. Fig. 53), ist mehr Thermometer als Photometer. Es ist deshalb als photographisches Aktinometer zur Bestimmung der Expositionszeit unbrauchbar, wie Seifert in einer ausführlichen Abhandlung[2]) zeigte, trotzdem es von Vidal und in veränderter Form von Zöllner, welcher sich auf einige Versuche des Photographen Naumann stützte, als Photometer im Atelier empfohlen wurde. Auch Olivier konstruierte ein registrierendes Photometer auf dieser Basis (Beibl. Annal. Phys. Chem. 1888, S. 848; Compt. rend. Bd. 106, S. 840). So fand Abney[3]), daß das Radiometer, den ultraroten Strahlen ausgesetzt, in einer Minute 38 Umdrehungen, den roten 19, den orangegelben 4, den grünen 1 und den übrigen Strahlen des Spektrums ausgesetzt, gar keine Umdrehungen machte.

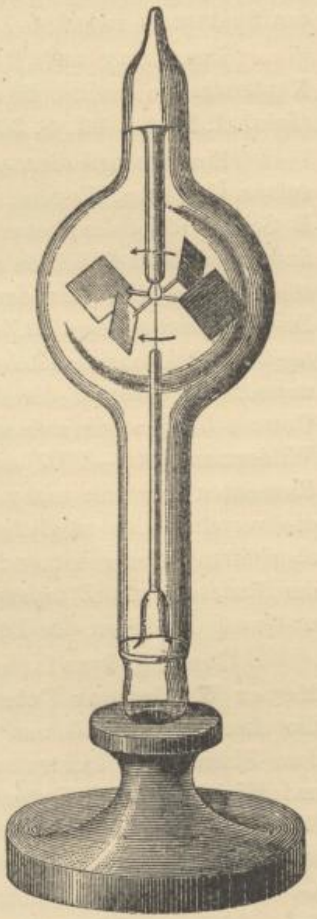


Fig. 53. Radiometer von Crookes.

Crookes selbst fand beim Aussetzen des Radiometers in die verschiedenen Strahlen des Spektrums das Maximum der Wirkung im Ultrarot; wird diese gleich 100 gesetzt, so ergeben sich nach Crookes für die Strahlen der anderen Farben folgende Verhältniszahlen: Äußerstes Rot 85, Rot 73, Orange 66, Gelb 57, Grün 41, Blau 22, Indigo $8^1/_2$, Violett 6, äußerstes Violett 5 (Seifert a. a. O.).

1) Christomanos, Eders Jahrb. f. Phot. 1904, S. 313.
2) Phot. Korr. 1879, S. 60.
3) Bull. Soc. franç. Phot. 1876, S. 90.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

14. Lichtelektrische Apparate und photogalvanische Ketten als Photometer.

Die photoelektrischen Ströme, photogalvanischen Ketten und elektrochemischen Photometer sind bereits im 1. Bande, 3. Aufl. 1906, S. 424 beschrieben.

Die Abhängigkeit der photochemischen Wirkung von der Wellenlänge des einwirkenden Lichtes ist für verschiedene Stoffe sehr verschieden. So findet z. B. Rigollot die geringste Wirkung für Schwefelsilber in den infraroten, für Jodkupfer aber in den ultravioletten Strahlen; auf eine Goldplatte, welche als Anode zur Elektrolyse von Wasser diente und dadurch empfindlich für Lichtelektrizität wurde, liegt die Maximalwirkung des Spektrums zwischen λ 410 und 478 $\mu\mu$ (Bose und Kochan).

Das Gouy und Rigollotsche elektrochemische Photometer mit oxydierten Kupferstreifen besitzt die Maximalwirkung in Blaugrün zwischen λ 530 und 490 $\mu\mu$ (Jahrb. f. Phot. 1892, S. 307).

Eine Theorie der photoelektrischen Elemente haben bereits E. Bequerel und später Griveaux, Luggin, G. C. Schmidt u. a. entworfen. Besonders eingehend hat H. Scholl (1905) die photoelektrischen Erscheinungen am feuchten Jodsilber studiert; er findet, daß beim Belichten mehrere Prozesse sich abspielen, von denen je nach den Umständen der eine oder der andere hervortreten kann und zwar findet einerseits ein Dissoziationsvorgang statt, bei welchem außer den Ionen des Jodsilbers wahrscheinlich negative Elektronen entstehen, anderseits bildet sich ein neuer, photoelektrisch erregbar unbeständiger Körper, der sich leicht in die Ausgangssubstanz umwandelt. Theoretische Untersuchungen, die sich auf die neuere Lehre von den Elementen stützen, hat ferner Wilderman (1905—1907) ausgeführt. Er findet, daß es auch unter den photoelektrischen Elementen konstante und unbeständige, umkehrbare und nicht umkehrbare gibt. Für die verschiedenen möglichen Fälle hat er Formeln der elektromotorischen Kraft E abgeleitet. Ferner hat er theoretisch und durch das Experiment diejenigen Perioden der Variation von E untersucht, welche zu Beginn der Belichtung (Induktionsperiode) und nach Aufhören der Belichtung (Deduktionsperiode) vorhanden sind.[1])

Über galvanische, durch Lichtwirkung erzeugte Ketten stellte Meyer Wilderman Untersuchungen von größter Wichtigkeit an, welche die Kenntnis der chemischen Statik und Dynamik von reversiblen und irreversiblen Systemen unter dem Einfluß des Lichtes erschließen. Er knüpft an die Versuche von Becquerel und Minchin mit jodierten Silberplatten usw. an, bei deren Versuchsanordnung beim Belichten einer der Platten sich inkonstante galvanische Ketten bilden. Wilderman stellte fest, daß die Lichtstrahlen aller Wellenlängen (rote, blaue, violette usw.) sowohl „chemisch“ als auch als „Wärmestrahlen“ und in verschiedenem Grade wirken. Er stellt den wichtigen Satz auf: „Jede Art von chemischem Gleichgewicht zwischen zwei Zuständen der Materie bei konstantem Volumen wird durch Belichtung in solcher Richtung verschoben, daß die Lichtabsorption zunimmt“ — ein Prinzip, welches analog dem von van't Hoff für Wärme aufgestellten ist (Zeitschr. f. physik. Chem. 1902, Bd. 42, S. 332).

Die von Wilderman benutzten konstanten photogalvanischen Ketten mit Silber waren durch Eintauchen von metallischen Silberplatten in sehr verdünnte

---

1) Vgl. Chwolson, Lehrb. d. Physik 1908, S. 682. — Ferner die Referate über diesen Gegenstand in den Jahrbüchern f. Photogr. — Insbesondere aber Wilderman, Galvanische durch Lichteinwirkung erzeugte Ketten, Zeitschr. f. phys. Chemie 1907.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Chlorwasserstoffsäure hergestellt; sie wurden in schwache wässerige Chlornatriumlösung getaucht und etwas Chlorsilber auf den Boden des Gefäßes gebracht und eine von zwei derartigen chlorierten und in die Flüssigkeit getauchten Silberplatten belichtet, während die andere dunkel blieb. Ebenso werden Silberplatten bromiert und in Bromnatriumlösung getaucht. Es entstehen (besonders kräftig im blauen und violetten Lichte) photogalvanische Ströme. Alle Teile des Spektrums (Rot, Blau, Gelbgrün) rufen elektromotorische Kräfte hervor. Sehr interessant sind die Beobachtungen über den Einfluß einer vorhergehenden schwachen Belichtung auf die Zunahme der Empfindlichkeit solcher photogalvanischer Bromsilbersysteme; es nahm die Lichtempfindlichkeit unter gewissen Bedingungen etwas zu; es tritt eine „dauernde Lichtsensibilisierung“ ein und das früher absorbierte Licht bringt dann im Dunklen weiter eine Veränderung der mit dünnen Bromsilberschichten überzogenen Silberplatte hervor. Auch Silber- und Jodsilberplatten, getaucht in Jodkaliumlösung wurden untersucht; beim Belichten einer der Platten fließt stets der elektrische Strom von der Platte im Dunkeln zur belichteten Platte; hierbei wirkt das blaue und violette Licht stark, dagegen das rote und gelbgrüne so gut wie gar nicht. — Das System Quecksilber-Quecksilberchlorür oder Bromür gibt keine oder äußerst schwache photogalvanische Ströme. Dies ist insofern interessant, als manche Forscher (Lüppo-Cramer u. a.) eine große Analogie im photochemischen Verhalten der Silber- und Quecksilberhalogenide annehmen, was wenigstens in diesem Falle nicht zuzutreffen scheint, so daß man Analogieschlüsse zwischen beiden Systemen mit Vorsicht aufnehmen muß. Dagegen gibt Quecksilber mit Quecksilbersulfat in Lösungen schwefelsaurer Salze photogalvanische Ströme von der dunklen zur belichteten Elektrode. — Sehr gute Resultate liefern photogalvanische Ketten mittels Kupfer-Kupferoxyd in verdünnter Ätznatronlösung. Zu diesem Zwecke werden Kupferplatten in Salpetersäure getaucht, herausgenommen und senkrecht getrocknet; die entstandene Haut aus Kupfernitrat wird durch Erhitzen über einer Gasflamme in Kupferoxyd übergeführt. Werden zwei solche Platten in Ätznatronlösung getaucht und eine derselben belichtet, so gehen die Natrium-Ionen von der dunklen Platte zu der belichteten Platte über. Unter dem Einfluß des Lichtes verschwindet Kupferoxyd von der belichteten Platte und bildet neues Kupferoxyd auf der dunklen Platte. Diese photogalvanischen Kupfer-Kupferoxydketten absorbieren alles auf sie fallende Licht, weil die schwarze Farbe des Kupferoxyds günstig wirkt; da sie durch alle Strahlen des Spektrums gleich beeinflußt wird, so läßt sich dieses System besser als jedes andere bisher bekannte zur Messung der Intensität des Lichtes aller Wellenlängen verwenden; gleichzeitig zeigt es für gleiche Lichtintensität eine viel größere elektromotorische Kraft beim Belichten als die anderen photogalvanischen Ketten. — Als allgemeines, für die wissenschaftliche Photochemie wichtiges Ergebnis fand Wilderman bei seinen Versuchen einen weiteren Beweis, daß die chemische Reaktionsgeschwindigkeit in lichtempfindlichen Systemen ebenso wie das chemische Gleichgewicht unter dem Einfluß des Lichtes nach Ablauf der Induktionsperiode dem bekannten chemischen Massenwirkungsgesetz[1]) gehorchen (Zeitschr. f. physik. Chem. 1907, Bd. 60, S. 70).

K. Schaum erwähnt, daß die häufig untersuchten lichtempfindlichen Elektroden, bei welchen die durch das Licht veränderliche Substanz in Form einer festen Verbindung (Chlorsilber, Kupferoxydul usw.) auf einer metallischen Elektrode (Silber, Kupfer usw.) haftet, von verschiedenen Gebieten des Spektrums sehr verschieden beeinflußt. Solche elektrochemische Aktinometer zeigen häufig den Übelstand, daß

1) Vgl hierüber: Eder, Photochemie, 3. Aufl., 1906, S. 64.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

die lichtempfindlichen Substanzen infolge der Bestrahlung ihre Oberfläche ändern. Schaum empfiehlt deshalb die Verwendung lichtempfindlicher Flüssigkeiten an unangreifbaren Elektroden, z. B. Kaliumferricyanatlösung mit Platinelektroden (Jahrb. f. Phot. 1902, S. 129).

Über das Problem der elektrischen Aktinometrie mit zwei Kupferplatten, kombiniert mit einem galvanischen Element, wovon eine belichtet wird, stellte Randall Versuche an (Photography 1901, S. 784; Brit. Journ. Phot. Suppl. 5. April 1901).

Über Anwendung des photoelektrischen Stromes zur Photometrie der ultravioletten Strahlen s. Kreusler (Annal. Phys. Chem. 1901, Bd. 6, S. 412).

Als Beispiel einer anderen Art von lichtelektrischen Photometern zur Bestimmung der Intensität der Sonnenstrahlung sei der von J. Elster und H Geitel angegebene Apparat angeführt, welcher von der Firma Günther & Tegetmeyer in Braunschweig hergestellt wird. Hierbei gehen Elster und Geitel von folgenden Erwägungen aus: Wird die blanke Oberfläche eines in verdünntem Wasserstoff befindlichen Alkalimetalls von Licht getroffen, so sendet sie bekanntlich nach Lenard negative Elektronen, d. h. Kathodenstrahlen aus, welche die in dem Rezipienten vorhandenen Gasreste ionisieren. Verbindet man daher die lichtempfindliche Fläche mit dem negativen Pole einer galvanischen Batterie, den die Wand des kugelförmigen Glasrezipienten durchsetzenden Platindraht mit dem positiven Pole und schaltet in den Stromkreis ein empfindliches Galvanometer ein, so zeigt dieses einen Strom an, sobald man dem Lichte Zutritt zur Alkalimetallfläche gewährt. Dabei ist die Stärke des photoelektrischen Stromes der Lichtintensität innerhalb weiter Grenzen proportional. Daß diese Anordnung zum Vergleiche von Lichtstärken geeignet ist, haben Elster und Geitel schon früher[1]) dargetan.

Es erschien von besonderem Interesse, mittels einer derartigen Vorrichtung die Variation der Lichtstärke der Sonne während des Verlaufes einer totalen Verfinsterung festzulegen, was Elster und Geitel 1905 durchführten.

Der Verwendung dieses Photometers ist durch den Umstand eine Grenze gesetzt, daß es im wesentlichen nur auf grüne, blaue, violette und ultraviolette Strahlen reagiert. Bei Rubidium ist zwar die Photometrierung gelben und roten Lichtes nicht ausgeschlossen, doch ist hierzu erforderlich, die Alkalimetallfläche auf ein konstantes, wesentlich höheres, negatives Potential zu laden.

Über Selen-Photometer s. Bd. I, 2. Abteilung.

Über die Anwendung der Thermosäule zu photometrischen Messungen im Ultraviolett s. A. Pflüger (Jahrb. f. Phot. 1905, S. 17).

15. Phosphoreszierende Substanzen als Normallicht.

Als Normallicht, bei welchem die zu prüfenden photographischen Platten exponiert werden sollen, schlug Warnerke eine mit blau phosphoreszierender Farbe (Balmains Leuchtfarbe) bestrichene Platte vor, welche durch Bestrahlen von 3 cm brennenden Magnesiumbandes leuchtend gemacht wurde. Die phosphoreszierende Platte wird 1 Minute nach der Bestrahlung auf das Sensitometer gelegt, unter welchem sich die Probe-

---

1) Eders Jahrbuch 1895 und 1906, S. 39.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

platte befindet. Temperaturunterschiede von — 14 bis + 17 Grad C sollen ohne Einfluß sein; größere Mengen Magnesiumband ändern das Resultat nicht, indem obiges Quantum schon die äußerste Intensität gibt.

Die Absicht, dadurch ein Normallicht zu gewinnen, ist aber nicht erreicht, schon deshalb, weil die phosphoreszierenden Farben enorm in ihren Eigenschaften differieren.

Trotzdem wurde eine blau phosphoreszierende Tafel im Warnerke-Sensitometer (s. dieses) als Normallicht verwendet und es erscheint dasselbe für mäßige Anforderungen der photographischen Praxis genügend.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

SECHSTES KAPITEL.

CHEMISCHE PHOTOMETER MIT GASEN UND FLÜSSIGKEITEN.

Zur Herstellung eines chemischen Photometers oder Aktinometers kann jedes lichtempfindliche Gas oder Gasgemisch, oder jede lichtempfindliche Flüssigkeit dienen, deren photochemischer Zersetzungsprozeß genügend regelmäßig während der Beobachtungsdauer verläuft und deren photochemischer Umsatz hinlänglich genau bestimmt werden kann[1]), um auf die Größe der wirkenden Lichtmenge einen Rückschluß ziehen zu können.

I. Photometer mit Chlorgas und Wasserstoffgas oder Kohlenoxydgas.

Wie in Bd. I, Abt. 2 angegeben wurde, verbindet sich ein Gemisch von Chlor und Wasserstoff langsam im zerstreuten und mit Explosion im direkten Sonnenlichte, indem sich Chlorwasserstoffsäure bildet, die bekanntlich im Wasser äußerst löslich ist. Wenn man nun gleiche Raumteile Chlor und Wasserstoff mit etwas Wasser in ein Glasrohr bringt, kann die Menge von Chlorwasserstoffsäure, welche sich in einer gegebenen Zeit bildet und im Wasser löst, als Vergleichungsmaßstab für die verschiedenen Lichtquellen dienen.

Draper hatte schon Dezember 1843 in seinem Photometer (von ihm Tithonometer genannt) die Volumverminderung, welche das Gemenge von Chlor und Wasserstoff unter einer absorbierenden Flüssigkeit durch Bestrahlung erfährt, als Maß der chemischen Lichtwirksamkeit angewendet. Sein Verfahren war aber ungenau, weil er während des Versuches den Druck nicht konstant erhielt, auch die absorbierende Flüssigkeit vor dem Beginn der Messung nicht mit dem Gasgemenge von konstantem Mengungsverhältnis gesättigt hatte; aus beiden Gründen mußte die Menge des verschluckten Gases, abgesehen von der durch Salzsäurebildung bedingten Absorption, Schwankungen erleiden; die Volumveränderung des freien Gases durfte also als ein genaues Maß der chemischen Lichtwirkung nicht betrachtet werden[2]).

1) Vgl. Bd. I, 2. Abt. dieses Handbuches.
2) Philos. Magaz. 1843, Bd. 23, S. 401.

SLUB Wir führen Wissen.
gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Bunsen und Roscoë erkannten, daß das Drapersche Tithonometer in der ursprünglichen Form kein wirkliches Meßinstrument sei, daß es aber sehr verbesserungsfähig sei. Sie suchten ein Gasgemenge von gleichem Volumen Chlor und Wasserstoff und von konstanter Zusammensetzung zu erhalten und erreichten dies durch Elektrolyse von verdünnter Salzsäure. Nach tagelangem Durchströmen fanden sie, daß die Sperrflüssigkeit ganz mit dem Gasgemisch gesättigt ist. Nun konnten sie durch einen Hahn den ferneren Zufluß absperren und aus der Volumverminderung des bestrahlten Gasgemenges die chemische Lichtintensität bestimmen. Die Angaben des Instrumentes blieben bei atmosphärischen Temperaturen zwischen 18 Grad und 26 Grad innerhalb der Grenzen möglicher Beobachtungszahlen konstant.

Das Wesentliche der Einrichtung des Bunsen-Roscoëschen Apparates wird durch Fig. 54 verdeutlicht.[1]) Die Einwirkung des Lichtes auf die Mischung von Chlorgas

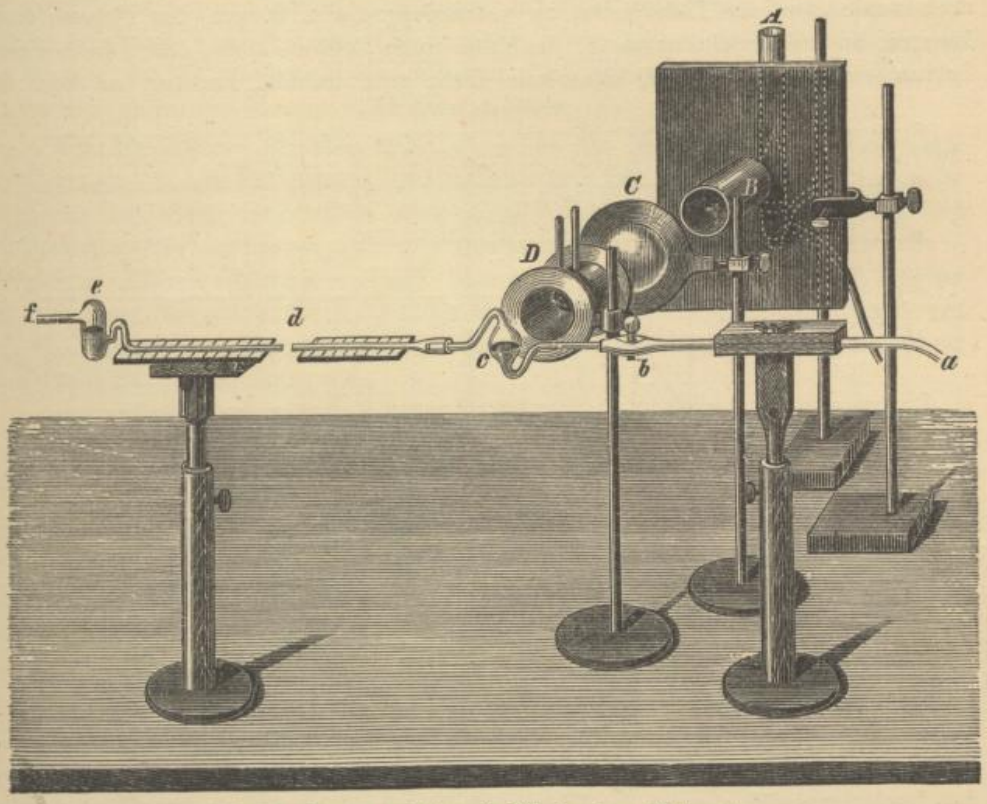


Fig. 54. Bunsen und Roscoës Chlorknallgas-Photometer.

und Wasserstoffgas findet in dem Glasgefäße *c* (dem Insolationsgefäße) statt, welches etwa 2 bis 3 ccm Wasser enthält und, soweit das Wasser in ihm reicht, von außen geschwärzt wird. Das Insolationsgefäß steht nach der einen Seite mit einem horizontalen Skalenrohr *d* und einem Gefäße *e*, worin sich Wasser zum Zweck der Absperrung des Skalenrohrs befindet, in Verbindung, andererseits mit einem Apparat, welcher jene Gasmischung rein entwickelt (durch Elektrolyse angemessen konzentrierter Salzsäure mit den nötigen Vorsichtsmaßregeln; alle Zusammenfügungen der verschiedenen Teile des Apparats mittels Kautschuk oder anderer Materialien, welche auf die Zusammensetzung der Gasmischung einen ändernden Einfluß ausüben könnten, müssen aus-

1) Buffs Physikalische Chemie 1863, S. 424.

geschlossen sein). Wenn diese Gasmischung, bei *a* ein- und bei *f* austretend, sehr lange Zeit durch den Apparat geleitet wurde, so daß alle im Apparat enthaltene Luft vollständig ausgetrieben ist, wird der Glashahn *b* geschlossen; die Flüssigkeit im Insolationsgefäße *c* und die Sperrflüssigkeit in *e* sind dann mit der Gasmischung gesättigt und üben auf die in *c* befindliche Gasmischung keinen absorbierenden noch einen die Zusammensetzung derselben ändernden Einfluß aus. Fällt nun Licht auf das Insolationsgefäß *c*, so wird nach Maßgabe der chemischen Wirksamkeit des auffallenden Lichtes Chlorwasserstoff gebildet, welches von der Flüssigkeit in *c* sogleich absorbiert wird, was an dem Vorrücken der Sperrflüssigkeit in der Skalenröhre *d* (von *e* nach *c* hin) gemessen wird; das Raumverhältnis eines Skalenteils der Röhre *d* zu dem von der Gasmischung erfüllten Raume ist bekannt. Da der Apparat auch als empfindliches Luftthermometer wirkt, ist jede Erwärmung des Gefäßes *c*, namentlich auch von seiten der Lichtquelle, zu vermeiden; das z. B. von der Flamme einer konstant brennenden Gaslampe *A*, die hinter einem Schirme steht, durch die in diesen Schirm eingesetzte Röhre *B* kommende Licht geht deshalb, nachdem es durch die

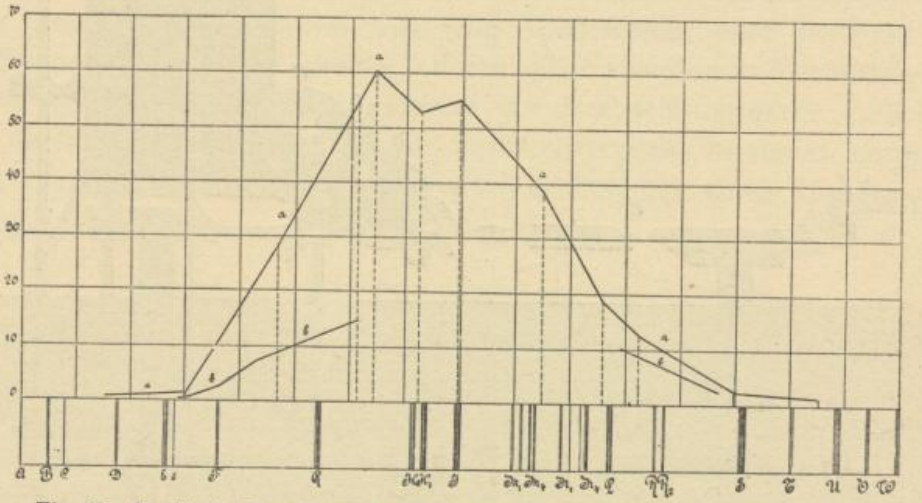


Fig. 55. Graphische Darstellung der Wirkung des Sonnenspektrums auf Chlorknallgas.

Konvexlinse *C* gegangen, durch den mit Wasser gefüllten, mittels Glasplatten geschlossenen Zylinder *D*, damit hier die von der Lichtquelle ausgehende strahlende Wärme absorbiert werde. Übrigens war bei den Messungen Bunsen und Roscoës das Insolationsgefäß *c* gegen die Lichtquelle hin noch durch einen blanken doppelten Metallschirm, welcher dem Licht durch zwei farblose Glimmerblättchen Zutritt zu *c* gestattete, und gegen alle anderen Seiten hin ebenfalls durch Umgeben mit nach außen blankem Metall vor der Einwirkung von außen kommender Wärme geschützt.

Mittels eines solchen Apparates lassen sich genaue photochemische Messungen vornehmen, doch nur, wenn die Mischung aus gleichen Volumen Chlor- und Wasserstoffgas ganz rein in ihm enthalten und jede Spur eines fremden Gases aus ihm weggeschafft ist. Als Lichtquelle, deren chemische Wirkung untersucht wurde, wendeten Bunsen und Roscoë zunächst das Licht an, welches von dem leuchtendsten Flammenmantel einer stets auf gleicher Höhe erhaltenen Leuchtgasflamme durch eine konstante Öffnung eines Schirmes hindurchging Es geht unter dem Einflusse solchen Lichtes die Bildung von Chlorwasserstoff und die mit der Absorption des letzteren verbundene Volumverminderung zuerst nur langsam vor sich; die Wirkung steigert sich allmählich

und wird später konstant, sofern dann die weitere Chlorwasserstoffbildung der Zeit der Lichteinwirkung proportional ist (die alsdann vom Apparat gelieferten Angaben sind allein als Maß der chemischen Wirkungen brauchbar). Diese allmähliche Verringerung des ursprünglichen Widerstandes der beiden Gase gegen ihre Vereinigung ist als photochemische Induktion bezeichnet worden (s. Bd. I, 2. Teil, 1906). Wird später, nach konstant gewordener Wirkung, die Einwirkung des Lichtes plötzlich unterbrochen, so findet noch während kurzer Zeit eine Volumverminderung des im Insolationsgefäße enthaltenen Gases statt, welche indessen nicht auf einer Fortdauer der Vereinigung von Chlor mit Wasserstoff, sondern auf der Abkühlung beruht, welche nach dem Aufhören dieser, von Wärmeentwicklung begleiteten Vereinigung eintreten muß. Es wurde aber auch nachgewiesen, daß die Wärmentwickluug, welche diese Vereinigung begleitet, keinen bemerkbaren Einfluß auf die Verbindungsfähigkeit des Chlors und des Wasserstoffs ausübt, und mithin auch keinen auf die Vergleichbarkeit der durch den hier beschriebenen Apparat gelieferten Angaben, wenn sich einige Zeit nach Beginn der Wirkung der Wärmeentwicklung im Innern des Insolationsgefäßes und die Wärmeabgabe nach außen ins Gleichgewicht gesetzt haben.

Von den farbigen Strahlen wirkt besonders das blauviolette und ultraviolette Licht stark ein. In dem nebenstehenden Diagramm (Fig. 55) gibt die Linie *a a a a* eine graphische Darstellung der relativen chemischen Wirkung, welche die einzelnen Stellen des Spektrums des nur durch Luft und Quarz hindurchgegangenen Sonnenlichtes in völlig reinem Chlorknallgas hervorbringt. Man sieht, daß die Wirkung mehrere Maxima hat, von denen das größte bei $^1/_5$ *G H* bis *H* und das darauffolgende bei *J* liegt, und daß die Wirkung nach dem roten Ende hin rascher und regelmäßiger abnimmt als nach dem ultravioletten Ende hin.

Das Chlorknallgas-Photometer wurde von Bunsen und Roscoë später selbst aufgegeben, weil seine Anwendung sehr viele Vorsicht und Genauigkeit erfordert.

Dufours Aktinometer ist eine Modifikation des Chlorknallgas-Photometers. Es beruht im wesentlichen darauf, daß man die Wirkung des Lichtes auf ein Gemisch von Wasserstoff und Chlor durch die zersetzende Wirkung eines elektrischen Stromes auf Salzsäure balanciert und die Stärke des Stromes mißt, die der Intensität des Lichtes direkt proportional sein muß. Das Instrument gleicht einem Rumfordschen Thermoskop; eine Glaskugel enthält zwei Elektroden aus Retortenkohle, oberhalb deren sich eine gewisse Quantität Salzsäure befindet und woraus das lichtempfindliche Gemisch von Chlor- und Wasserstoff entwickelt wird.

Kohlenoxyd und Chlor.

Da das von Draper, Bunsen und Roscoë angewendete Gasgemisch unter dem Einflusse von grellem Lichte sich nicht mehr ruhig, sondern unter starker Explosion und Zertrümmerung des Gefäßes zersetzt, so ersetzte Burnett 1860 das Chlorgas-Wasserstoffgemisch durch ein Gemisch von Kohlenoxyd und Chlorgas, welches sich im Lichte ebenfalls rasch, aber ohne die Gefahr einer Explosion vereinigte, welche letztere Beobachtung schon Davy 1812 gemacht hatte (s. Bd. I, zweiter Teil, 1906, S. 123). Dieses Photometer kam nicht weiter zur Verwendung, bis Wilderman diese Lichtreaktion sehr sorgfältig studierte, was bereits in Eder „Photochemie“ (Bd. I, zweiter Teil dieses Handbuches, 1906) ausführlich besprochen wurde.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

II. Photometer mit Chlorwasser oder Jodwasserstoffsäure.

Chlorwasser zersetzt sich im Lichte unter Bildung von Salzsäure und Freiwerden von Sauerstoff, wie Berthollet 1785 entdeckte. Je länger oder intensiver das Licht wirkt, desto mehr schwindet das freie Chlor in der Lösung und desto mehr Gas entwickelt sich. Diesen regelmäßigen Zusammenhang beobachtete Saussure 1790 und schlug vor, auf die Reaktion ein chemisches Photometer zu konstruieren[1]), welche Idee dadurch zuerst ausgesprochen wurde.

Die Zersetzung im Tageslichte (Lampenlicht bewirkt keine Zersetzung) wollte Wittwer zur Messung der chemischen Wirksamkeit des Lichtes benutzen. Er benutzte Chlorwasser, welches 0,1 bis 0,4 % Chlor enthielt und setzte es in Glasfläschchen von 1 Zoll Durchmesser dem Lichte aus. Die Menge des im Lichte nicht umgesetzten Chlors wurde durch Titrieren einer mit Indigoblau gefärbten arsenigen Säure bestimmt. Die Intensität des Lichtes gibt die Gleichung $J = \frac{\log S - \log s}{t \cdot \log e}$, wo S die Stärke des Chlorwassers im Anfange, s die Stärke nach der Wirkungszeit t und als Einheit $1\,^0/_{00}$ Chlor im Wasser angenommen ist[2]).

Diese Methode der Photometrie ist nach den Angaben von Bunsen und Roscoë[3]) nicht zulässig, denn sie schließe große Fehlerquellen in sich. Es sei nämlich die bei gleicher Beleuchtung gebildete Salzsäure der Stärke des Chlorwassers nicht proportional, ferner verändere die Gegenwart von entstandener Salzsäure im Chlorwasser die Einwirkung des Lichtes und setze einer ferneren Zersetzung des letzteren durch das Licht Grenzen. Es üben also die bei der photochemischen Zersetzung gebildeten Produkte eine Rückwirkung auf die Größe der ursprünglichen Verwandtschaft des Chlors aus, und ferner sei die wasserzersetzende Wirkung des Chlors weder der Dauer, noch der Intensität der Beleuchtung, noch der Stärke des Chlorwassers proportional. Bunsen und Roscoë gelangten zu dem Schlusse, daß es ein vergebliches Unternehmen sein werde, das Gesetz der chemischen Wirkung des Lichtes aus der Insolation des Chlorwassers ableiten zu wollen.

Wittwer hat diese Kritik nicht ohne Antwort gelassen und bemerkt, daß die Gegenwart kleiner Mengen von Salzsäure die fernere Zersetzung des Wassers durch Chlor nicht hindere. Die Versuche von Bunsen und Roscoë, welche den Satz Wittwers widerlegen sollten, daß bei gleicher Belichtung die gebildete Salzsäure der Stärke des Chlorwassers proportional sei, liegen, wie Wittwer nachweist, größtenteils außerhalb der Grenze des Chlorgehaltes ($1\,^0/_{00}$ des Wassers), welche er als anwendbar bezeichnet hatte, die übrigen Versuche bestätigten aber die von ihm gezogenen Schlüsse, wenigstens innerhalb der von ihm selbst gezogenen Fehlergrenzen, so daß die Anwendbarkeit des Chlorwassers zur Intensitätsbestimmung des Lichtes wohl anwendbar erscheint[4]).

---

1) Eder, Geschichte der Photochemie (Bd. I dieses Handbuchs).
2) Poggend. Annalen, Bd. 94, S. 597; Fortschr. d. Phys. 1855, S. 341.
3) Poggend. Annalen, Bd. 96, S. 373; Fortschr. d. Phys. 1855, S. 349.
4) Poggend. Annalen 1855, Bd. 97, S. 304.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Im Jahre 1865 machte Wittwer[1]) die Einwirkung des Lichtes auf Chlorwasser zum Gegenstande neuer Mitteilungen. Er stellte sich zunächst die Frage zur Beantwortung, ob die Rückwirkung der während der Insolation des Chlorwassers gebildeten Salzsäure auf die weitere Chlorwasserzersetzung wirklich so bedeutend sei und so gänzlich unbestimmbaren Gesetzen gehorche, wie Bunsen behauptete, oder ob dieses nicht der Fall sei. Er spricht aus, die Grundlage der Änderung, welche das Chlorwasser im Lichte erleidet, sei diese, daß die Menge des verschwindenden Chlors dem Produkte aus der Stärke des Chlorwassers in die Stärke des Lichtes proportional sei, daß aber noch Nebenwirkungen eintreten, von denen eine die Absorption des Lichtes in die einzelnen Schichten des Chlorwassers sei. Die genaue Theorie des Vorganges bietet Schwierigkeiten und es scheint Wittwer daher am zweckmäßigsten für die Korrektion, welche durch die Dicke der Chlorwasserschichten usw. nötig wird, die empirische Formel

$$i = 1000 \left(\frac{d}{8}\right)^{3/4} \log \frac{S}{s} \cdot e^{0{,}1061\,(S+s)}$$

zu benutzen, in welcher d den Röhrendurchmesser in Pariser Linien, S und s die Stärke des Chlorwassers vor und nach der Insolation und e die Basis der natürlichen Logarithmen bedeutet. Die Summe der hiernach für hinreichend kurze Zeitabschnitte berechneten Insolationen ergibt dann die Insolation während einer längeren Zeit. Wittwer glaubt, aus der durch Insolation bewirkten Chlorwasserzersetzung müßten sich die Wärmeäquivalente des Lichtes berechnen lassen. Nach Favre und Silbermann entwickelt 1 g Wasserstoff bei seiner Verbindung mit Sauerstoff 34462 Wärmeeinheiten, bei seiner Verbindung mit Chlor 23783. Gehen infolge der Lichtwirkung 1 g Wasserstoff von dem Sauerstoff des Wassers zum Chlor über, so müßte die dabei tätig gewesene Lichtmenge ein Äquivalent für (34463 — 23793) = 10679 Wärmeeinheiten sein. In einer Note bemerkt Wittwer noch, daß, wenn mit Hilfe des Lichtes in den Pflanzen Kohlenstoff reduziert wird, das Licht das Äquivalent für so viele Wärmeeinheiten sein müsse, als die entstandenen organischen Verbindungen bei dem Verbrennen entwickeln.

Das Photometer mit Chlorwasser fand keine praktische Verwendung, wohl aber wurde die photochemische Seite des Prozesses später genauer studiert (s. Eder, Photochemie, 1906, S. 137).

Wässerige Jodwasserstoffsäure zersetzt sich bei Luftzutritt ziemlich rasch im Licht unter Ausscheidung von Jod (vgl. Eder, Photochemie, 1906, S. 144).

Leeds machte 1879 die erste Mitteilung, daß er die Jodausscheidung, welche eine angesäuerte Lösung eines Jodides im Lichte erleidet, zu einer photometrischen Methode benutzen wolle[2]). Er setzte der Jodidlösung Stärke zu, welche durch das frei werdende Jod gebläut wurde; das Jod wurde dann mit Hyposulfit titrimetrisch bestimmt. Später bemerkte Leeds[3]), daß die Anwesenheit von Stärke die photochemische Zersetzung der Jodidlösung verzögert.

---

1) Ann. Chem. Pharm. Suppl. Bd. 4, S. 63; Jahrb. d. Chem. 1865, S. 94.

2) Phot. News. 1879, S. 228.

3) Philosoph. Magaz. 1880, 5. Bd. 10, S. 89; Chemic. News. Bd. 42, S. 147; Beibl. Annal. Phys. Chem. 1880, S. 730.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Eine bedeutende Beschleunigung und Vermehrung der Zersetzung der Jodide wurde andererseits herbeigeführt, wenn durch die Lösung Sauerstoff geleitet wurde, ein Vergleich mit Lösungen, zu denen der Sauerstoff nur an der Oberfläche Zutritt hatte. Da nun die Lösungen in verschiedenen Verhältnissen Sauerstoff aufgelöst enthalten, muß dieser Faktor bei Jodsäure-Aktinometern noch näher untersucht werden.

Um das Verhältnis der Zersetzung ein und derselben Jodverbindung durch verschiedene Säuren und verschiedene Jodide durch eine Säure festzustellen, wurden von Leeds Messungen ausgeführt mit Schwefelsäure und Salzsäure, und mit Jodkadmium, Jodkalium und Jodlithium.

Die Lösungen der verschiedenen Jodide wurden mit verschiedenen Säuren versetzt, dieselben dem Einfluß verschiedener Lichtquellen ausgesetzt und die Menge des frei gemachten Jodes bestimmt. (1 ccm der Lösung der Säuren entsprach stets 12,6 ccm einer normalen Natronlösung; die Jodidlösungen waren genau äquivalent einer 20proz. Lösung von Jodkalium, und es wurden stets gleiche Volumina von Jodid und Säuren gemischt.) Zunächst ergab sich, daß ein Zusatz von Stärke die Menge des beim Bestrahlen frei werdenden Jod wesentlich vermindert. Die folgende Tabelle gibt einige Resultate, welche an einem schönen Tage in verschiedenen Zeiten (von je $^1/_2$ Stunde zu $^1/_2$ Stunde) erhalten wurden. Die Zahlen bedeuten die in $^1/_2$ Stunde ausgeschiedenen Jodmengen.

Die Wirkung von H_2SO_4 : HCl verhält sich demnach im Mittel wie 1 : 1,47. Die von zwei Säuren aus verschiedenen Salzen frei gemachten Jodmengen stehen demnach in einem konstanten Verhältnis. Für verschiedene Jodide und eine Säure ergab sich dagegen kein konstantes Verhältnis.

Zeitangabe	$9^1/_2$-10	10-$10^1/_2$	$10^1/_2$-11	11-$11^1/_2$	$11^1/_2$-12	12-$12^1/_2$	$12^1/_2$-1	1-$1^1/_2$	Mittel
H_2SO_4 + KJ .	1,55	1,81	2,1	2,06	1,87	1,7	1,6	0,75	1,69
HCl + KJ . .	2,4	2,6	2,75	2,66	2,39	2,15	2,05	2,0	2,5
H_2SO_4 + CdJ_2	1,5	1,62	1,81	1,81	1,56	1,29	1,19	1,18	1,49
HCl + CdJ_2 .	2,4	2,35	2,63	2,68	2,09	1,79	1,79	1,75	2,18
H_2SO_4 + LiJ .	1,18	1,28	1,41	1,35	1,13	0,96	0,93	0,93	1,15
HCl + LiJ . .	1,83	1,9	2,03	2,0	1,56	1,25	1,58	1,4	1,69

Organische Säuren machen weit kleinere Jodmengen frei, Essigsäure so gut wie gar keines. Am wirksamsten erwies sich noch die Oxalsäure, obwohl auch sie verhältnismäßig schwach wirkte; fast unmerklich war die Einwirkung der Weinsäure innerhalb 3 Stunden.

Weiter verglich Leeds die Wirkungen von Sonnen-, elektrischem und Magnesiumlicht und fand folgende relative Werte:

	Sonnenlicht	Elektrisches Licht	Magnesiumlicht
H_2SO_4 + KJ	2,70	10,0	0,084
HCl + KJ	4,00	24,0	0,87
H_2SO_4 + CdJ_2	2,04	9,5	0,072
HCl + CdJ_2	3,00	24,0	0,6
H_2SO_4 + LiJ	1,44	5,0	0
HCl + LiJ	2,40	15,0	0,3

Der Einfluß verschiedenfarbiger Gläser auf das durchfallende Licht wird durch folgende Tabelle illustriert:

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

		Sonnenlicht	Elektrisches Licht
Blaues Glas	$H_2SO_3 + KJ$	0,74	1,80
	$HCl + KJ$	1,12	6,75
Gelbes „	$H_2SO_3 + KJ$	0,11	0,00
	$HCl + KJ$	2,25	0,125
Rotes „	$H_2SO_4 + KJ$	0,28	0,60
	$HCl + KJ$	0,56	2,25

Smith empfahl[1]) zum Messen des Aktinismus des Sonnen- und Tageslichtes eine 1- bis 2prozentige Jodkaliumlösung, welche mit etwas verdünnter Salpetersäure (von einem Säuregehalt, welcher 1% SO_3 entsprach) versetzt war.[2]) Diese Lösung scheidet im Lichte Jod aus, welches leicht quantitativ durch Titrieren mit Hyposulfit bestimmt werden kann. Es schied sich z. B. im März in der Sonne aus 15 ccm in $2^1/_2$ Stunden 0,0008 g Jod aus, bei schlechtem, nassen Wetter nur eine Spur bis 0,00006 g, jedoch wurde auch die Lösung im Finstern allmählich zersetzt und zwar ungefähr 100mal langsamer, was Smith vernachlässigt. Durch Ansäuern mit Schwefelsäure werden Lösungen erhalten, welche im Finstern beständiger sind. Durch Vermehrung des Säurezustandes wird die Zersetzung im Lichte (aber auch die im Dunkeln) beschleunigt. Wärme unterstützt die Lichtwirkung; sie übt weniger Einfluß, wenn die Lösung verdünnt ist.

S. Rideal stellte Untersuchungen an über den Aktinismus des Sonnenlichtes im Engadin, indem er die Menge des freien Jods bestimmte, welches durch Licht aus einer angesäuerten Jodkaliumlösung ausgeschieden wurde[1]) (durch Titrieren mit Natriumthiosulfatlösung). Seine Versuche erstrecken sich auf den Monat Januar 1893, dann vom Dezember 1893 bis Februar 1894. Das Maximum der Wirkung trat am 4. Februar 1894 ein; pro 100 ccm Jodkaliumlösung wurden im Maximum während sechs Stunden 87 Milligramm Jod ausgeschieden, d. i. pro 1 Stunde = 14,5 Milligramm, während am 1. Januar 1893 13,5 Milligramm Jod pro Stunde ausgeschieden wurden. Der niedrigste Wert war am 9. Dezember 1893, als 3,5 g Jod pro Stunde ausgeschieden wurden (Industries and Iron, 24. Aug. 1894, S. 171; Eders Jahrb. f. Photogr. 1895, S. 393).

Über die Zersetzung von Jodwasserstoff, bezw. eines Gemisches von Jodkalium und Salzsäure, im Lichte und die Abhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit von der Konzentration und der Zusammensetzung der Katalysatoren berichtete J. Plotnikow (Zeitschr. f. phys. Chemie 1908, Bd. 64, S. 228; Eders Jahrb. 1909, S. 282).

III. Oxalsäurelösung.

Downes fand, daß sich $^1/_{10}$ Normallösung von Oxalsäure im Finstern ganz unverändert hält, dagegen im Sonnenlicht in Kohlensäure und Wasser zerlegt wird. Durch Titrieren läßt sich leicht die Zersetzung quantitativ bestimmen und darauf eine photometrische Methode gründen (Chem. News. 1880, Bd. 42, S. 178).

Die genaueren photometrischen Zersetzungsgleichungen s. in Eders Photochemie 1906, S. 348.

---

1) Phot. News. 1880, S. 293; Chemic. News. Bd. 41, S. 211, aus den Berichten der Royal Society (s. Nature).

2) Z. B.: 50 ccm Jodkaliumlösung + 0,8 ccm Salpetersäure.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Über die Verwendbarkeit von Duclaux' Oxalsäurelösung zu aktinometrischen Untersuchungen stellten Herr und Frau Vallot Versuche in Chamonix an (Moniteur de la Phot. 1898).

Sebelien fand Duclaux' wässerige Oxalsäurelösung für zu wenig lichtempfindlich; er zog Eders Quecksilberoxalatphotometer und die Photometrie mit Normalfarben-Chlorsilberpapier vor (Eders Jahrb. f. Potogr. 1899, S. 455).

IV. Das Quecksilberoxalat-Photometer.

Fowler gab 1858 eine photometrische Methode an, welche auf der Zersetzung einer Lösung von Quecksilberchlorid und oxalsaurem Ammoniak und dem Wägen des ausgeschiedenen Niederschlages von Quecksilberchlorür oder dem Messen des entweichenden Kohlensäuregases beruht.[1]) Dieselbe ist ganz unbrauchbar, weil die Korrektionen für wechselnde Temperatur und Konzentration fehlen.

Becquerel wollte die Lichtempfindlichkeit eines Gemisches von Quecksilberchlorid und Oxalsäure zum selben Zwecke benutzen[2]). Jedoch ist die Zersetzung desselben ganz unregelmäßig, wie zuerst Marchand[3]), dann Eder[4]) zeigte, namentlich der allmählich frei werdenden Salzsäure zufolge.

Schließlich gab der Verfasser selbst ein Photometer mit Quecksilbersalzen an, welches Gegenstand eingehender Untersuchungen war.

Das „Edersche Quecksilberoxalat-Photometer" dient hauptsächlich zur Bestimmung der Intensität der ultravioletten Strahlen des Tageslichtes[4]).

Ein Gemenge von Quecksilberchlorid mit neutralem Ammoniumoxalat wird im Lichte besonders rasch zersetzt, viel rascher als das Gemenge mit Oxalsäure oder Tetraoxalat. Es scheidet in derselben Zeit die 20 bis sogar die 100fache Menge Quecksilberchlorür aus, als eines der beiden letzteren. Im zerstreuten Tageslicht trübt es sich nach wenigen Minuten, im direkten Sonnenlicht nach mehreren Sekunden. Bei wochenlangem Aufbewahren im Finstern verändert es sich nicht merklich und in der Siedehitze ist es bei der Abwesenheit von Licht beständig.

Zu seinen Messungen bediente sich der Verfasser entweder viereckiger Flaschen mit ebenen Wänden, welche in eine undurchsichtige lichtdichte Kartonhülle paßten, an deren einer Wand eine Öffnung von mehreren Quadratzentimetern angebracht war,

---

1) Liverpool and Manchester phot. Journ. Okt. 1858; Jahrber. Chem. 1859, S. 32.

2) Becquerel, La lumière 1868, Bd. 2, S. 69.

3) Marchand, Etude sur la force chimique 1875.

4) Wiener Akad. Ber. (2), Bd. 80, Okt. 1879. — Über die älteren Versuche von Planté s. Eders Geschichte d. Photogr. 1905, S. 70.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

welche je nach der Intensität des Tageslichtes verschieden groß genommen wurde. Besser ist es, die Wirkung des Lichtes auf ein horizontales Flächenelement zu betsimmen und zu diesem Zwecke dient folgender einfacher Apparat. Ein Becherglas von etwas mehr als 100 ccm Inhalt wurde mit Papier überklebt und mit Asphaltlack lichtdicht lackiert. Darüber wurde ein übergreifender lackierter Deckel gestülpt, in dessen Mitte eine Öffnung von 9 qcm ausgeschnitten war. Arbeitete Verfasser in hellem Sonnenlichte, so ging er auf 1 qcm Öffnung herab. Man wird leicht das Richtige finden, wenn Verfasser aufmerksam macht, daß während einer Beobachtungsperiode aus 100 ccm nicht mehr als 1 g Niederschlag ausgeschieden werden soll.

In diesen Apparat werden 100 ccm einer Lösung von Quecksilberchlorid-Ammoniumoxalat[1]) gegossen, dem Tageslichte während einer gewissen Zeit — für welche die mittlere Intensität des Lichtes bestimmt werden soll — ausgesetzt, das ausgeschiedene Quecksilberchlorür auf einem doppelten tarierten Filter gesammelt, gewaschen und bei 100 Grad C getrocknet und gewogen. Es ist notwendig, dem ersten Waschwasser etwas verdünnte Salzsäure zuzusetzen, weil sonst dem Quecksilberchlorür etwas Quecksilberoxalat beigemengt wird; wenn die Verunreinigung eingetreten und durch Salzsäure nicht beseitigt ist, färbt sich der Niederschlag beim Trocknen gelblich.

Die lichtempfindliche Lösung besteht aus einem Gemische von 2 Volumen einer Lösung von 40 g Ammoniumoxalat in 1 Liter Wasser mit 1 Volumen einer Lösung von 50 g Sublimat in 1 Liter Wasser.

Die Zersetzung dieser Lösung im Lichte geht ganz glatt vor sich. Es entweicht reine Kohlensäure. Der ausgeschiedene Niederschlag besteht aus reinem Quecksilberchlorür, dem sich nur durch Unvorsichtigkeit Quecksilberoxalat beimengt; die Flüssigkeit scheidet nämlich beim starken Verdünnen mit Wasser (aber nicht mit salzsäurehaltigem Wasser!) Quecksilberoxalat aus und dieses löst sich nur in überschüssigem Ammoniumoxalat oder Salzsäure wieder auf. Die durch das Licht in der Photometerflüssigkeit bewirkte chemische Zersetzung verläuft im allgemeinen[2]) nach der Gleichung:

$$2\,HgCl_2 + C_2O_4(NH_4)_2 = Hg_2Cl_2 + 2\,CO_2 + 2\,NH_4Cl.$$

Die Anfangswirkung des Lichtes tritt bei dem Aussetzen einer frischen Lösung an das Licht nicht sofort ein. Dasselbe muß auf das Gemenge einige Zeit hindurch wirken, bevor sich das Quecksilberchlorür auszuscheiden beginnt; es dauert im Sonnenlichte einige Sekunden, im zerstreuten Tageslichte mehrere Minuten — die Versuche waren im Sommer angestellt worden — bis die Trübung der Lösung beginnt.

Läßt man das lichtempfindliche Gemenge so lange am Lichte stehen, bis es sich deutlich trübt, so ist es mit Quecksilberchlorür gesättigt. Sowie man sie ans Licht bringt, beginnt die Zersetzung in kurzer Zeit und das Licht braucht nicht mehr die lange Zeit, um die Anfangswirkung zu äußern, wie bei einem frischen Gemenge.

Um alle Fehler, welche aus dieser im ersten Anfange langsamen Lichtwirkung etwa hervorgehen können, unschädlich zu machen, pflegt Verfasser seinen Vorrat von Photometerflüssigkeit so lange dem Lichte auszusetzen, bis er sich deutlich und stark trübt, dann zu filtrieren und im Finstern aufzubewahren, wo er sich die längste Zeit unverändert hält. Auf diese Weise vermeidet man etwaige Korrekturen bezüglich der verzögerten Anfangswirkung.

---

1) Der Name „Quecksilberoxalat-Photometer“ ist gekürzt statt des schwerfälligen Ausdruckes „Quecksilberchlorid-Ammoniumoxalat-Photometer“.

2) Über den genaueren photochemischen Verlauf der Reaktion s. Eder, Photochemie 1906.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Zunächst wurde der Einfluß der Konzentration und variabler Mengen von Quecksilberchlorid und Oxalat in der Flüssigkeit bestimmt.

Durch Versuche wurde konstatiert, daß die Photometerflüssigkeit mit dem verlängerten Gebrauche sich schwächt, und daß ein Punkt eintritt, wo sie sehr träge wird; dies tritt ein, bevor das in der Lösung befindliche Quecksilberchlorid vollständig zersetzt ist. Sobald $^4/_5$ des in der Lösung enthaltenen Quecksilberchlorides zersetzt ist, muß das Licht auf dieses Gemenge doppelt so lange oder mit doppelter Intensität wirken, als auf das frische Gemenge, um dieselbe Gewichtsmenge Quecksilberchlorür auszuscheiden.

Es wäre also fehlerhaft, die ausgeschiedene Menge des Quecksilberchlorürs in allen Fällen der Intensität des wirksamen Lichtes gleichsetzen zu wollen. Es muß vielmehr eine kleinere Menge von Hg_2Cl_2, welche gegen das Ende der Reaktion entstanden ist, in bezug auf die äquivalente Lichtwirkung, einer größeren Menge Hg_2Cl_2 zu Beginn derselben gleich gesetzt werden. Um die in den verschiedenen Phasen der Zersetzung ausgeschiedenen Mengen Hg_2Cl_2 im Zusammenhange mit dem wirksamen Lichte vergleichbar zu machen, ermittelte Verfasser die untenstehende Tabelle. Dabei bediente er sich solcher Photometerlösungen, welche auf 100 ccm immer um je 57,59 mg Quecksilberchlorid weniger enthielten und zugleich mit der normalen Lösung belichtet wurden. (Diese Versuche fallen teilweise mit den oben mitgeteilten zusammen.) Die Verminderung des Quecksilberchlorides entspricht einer Ausscheidung von 50 mg Quecksilberchlorür. Auf diese Weise wurde der Effekt des Lichtes (unter sonst gleichen Umständen) bei 18 bis 20 Grad C auf die Photometerlösung bestimmt, nachdem sie eine Verdünnung erlitten hatte, welche einer Ausscheidung von je 50, 100, 150 mg Hg_2Cl_2 usw. im Lichte gleichkommt. Die höheren Zahlen in der nachstehenden Tabelle sind nicht von großer Genauigkeit und Verfasser empfiehlt deshalb das Photometer nur so lange zu belichten, bis etwa 1 g Hg_2Cl_2 ausgeschieden ist, was man nach einiger Erfahrung schätzungsweise trifft. Der Niederschlag wird dann auf dem Filtrum gesammelt und eine neue Lösung dem Lichte exponiert.

Es folgt hier jene Korrektionstabelle, sie wird genau genug sein, um die mittlere Intensität des Tageslichtes, sei es nun im Verlaufe mehrerer Stunden oder eines Tages, mit großer Sicherheit zu bestimmen. Ganz ohne Korrektur würden die bei jeder photometrischen Beobachtung gefundenen Zahlen, welche das reduzierte Hg_2Cl_2 repräsentieren (sobald diese Menge für 100 ccm Flüssigkeit 1 g Hg_2Cl_2 erreicht) um etwa 20% fehlerhaft sein, mit der nachfolgenden Korrektionstabelle aber werden sie kaum einen Fehler über $\pm$ 1% aufweisen.

Aus 100 ccm der Photometerflüssigkeit werden aus der allmählich schwächer werdenden Lösung abgeschieden.

Gefundene Milligramme Hg_2Cl_2:	
50	650
100	700
150	750
200	800
250	850
300	900
350	950
400	1000
450	1100
500	1200
550	1300
600	1350

Die aus der allmählich schwächer werdenden Lösung ausgeschiedene Menge Hg_2Cl_2 kommt folgenden Mengen gleich, angenommen, daß die Flüssigkeit die anfängliche Konzentration behalten würde.

Milligramme Hg_2Cl_2 auf die Anfangskonzentration reduziert:	
50,5	746
103	830
156	894
211	964
265	1037
323	1106
380	1176
439	1247
499	1400
560	1670
621	1950
683	2140

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Der Gebrauch der Tabelle ist selbstverständlich. Scheidet das Licht in einer gewissen Zeit, bei einer gewissen Oberfläche und Temperatur der Lösung 500 mg Hg_2Cl_2 aus, so wird der Effekt des Lichtes durch die Zahl 560 mg ausgedrückt, denn so viel hätte das Licht ausgeschieden, wenn die Konzentration der Lösung nicht abgenommen und die Lösung sich nicht teilweise erschöpft hätte. Es ist nicht empfehlenswert, die Erschöpfung der Lösung zu weit zu treiben, sonst werden die ausgeschiedenen Mengen von Hg_2Cl_2 gering, die Beziehung zu einer äquivalenten Lichtwirkung unsicher, und selbst die Korrekturen mittels dieser Tabelle sind dann (was das ausgeschiedene Hg_2Cl_2 über 1000 mg beträgt) zweifelhaft.

Es braucht wohl kaum hervorgehoben zu werden, daß diese Korrektionstabelle nur dann gültig ist, wenn 100 ccm der Photometerlösung genommen werden. Bei einem anderen Volumen, z. B. 50 ccm, wird die Schwächung der Lösung nach Ausscheidung von 100 mg Hg_2Cl_2 eine viel beträchtlichere sein, als bei der Verwendung von 100 ccm.

Der Einfluß der wechselnden Konzentration und der allmählichen Erschöpfung der Lösung ist durch das Mitgeteilte sichergestellt.

Wie man später fand (s. Seite 111), befördern schon ganz geringe Mengen von Ferrisalzen die Lichtempfindlichkeit der Quecksilberlösung ganz enorm. Vollkommen eisenfreie Präparate geben eine geringe photochemische Empfindlichkeit (Winter). Der Verfasser stellte (1910) Versuche an mit vollkommen eisenfreiem, im Vakuum mehrmals destilliertem Quecksilber, das mit eisenfreiem Königswasser in Chlorid übergeführt wurde, und reiner sublimierter Oxalsäure und bestätigte diesen Befund. Es genügen wenige Milligramm Eisenchlorid (Fe_2Cl_6) auf 100 ccm der Quecksilberoxalatlösung, um hohe Lichtempfindlichkeit der Photometerflüssigkeit zu veranlassen. Verfasser verwendet deshalb reine Merckschе Präparate (Darmstadt) und fügt pro 100 ccm der Quecksilber-Photometerflüssigkeit 25 Milligramm Fe_2Cl_6, welches als verdünnte Eisenchloridlösung von bekanntem Gehalt vorrätig gehalten ist, zu; hierdurch wird gute Empfindlichkeit und regulärer Verlauf der Lichtreaktion geliefert.

In zweiter Linie muß der Einfluß der Temperatur auf das lichtempfindliche Gemenge sichergestellt werden, welcher zur Zeit der Bekanntgabe von Eders Methode noch bei keinem derartigen Photometer untersucht worden war. Verf. beobachtete daß dasselbe Licht in derselben Zeit aus einer warmen Quecksilberoxalatlösung reichlich mehr Quecksilberchlorür ausscheidet, als aus einer Lösung von gewöhnlicher Temperatur. Auch ist die äußere Beschaffenheit des in der Hitze durch das Licht gefällten Quecksilberchlorürs eine andere, als des in der Kälte ausgeschiedenen. Zu den Versuchen wurde die lichtempfindliche Flüssigkeit in gleich große Flaschen gefüllt, die fest verkorkt und in große, mit Wasser von verschiedener Temperatur gefüllte Bechergläser von gleicher Beschaffenheit gebracht.

Es schieden sich aus den verschieden warmen Lösungen folgende Mengen Quecksilberchlorür aus, wobei die bei 0 Grad ausgeschiedene Menge = 100 gesetzt wurde.

Bei	0	Grad C	ausgeschiedenes Quecksilberchlorür	100
„	8	„	„ „	105,3
„	15	„	„ „	111,2
„	25	„	„ „	125
„	30	„	„ „	139
„	40	„	„ „	177
„	48	„	„ „	209
„	60	„	„ „	304
„	80	„	„ „	506
„	100	„	„ „	1850

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Die heißen Lösungen trüben sich nach dem Aussetzen an das Licht ein wenig später, als die kalten; auch erscheint das Volumen des ausgeschiedenen Hg_2Cl_2 bei den ersteren geringer, als bei den letzteren. Der Grund dieser Erscheinung liegt in der größeren Dichte des aus heißen Lösungen ausgeschiedenen Niederschlages. Während der in der Kälte ausgeschiedene fein flockig erscheint, hat der in der Hitze durch das Licht gefällte eine grob kristallinische Struktur.

Diese Vermehrung der Lichtwirkung mit der Erhöhung der Temperatur muß bei der Reduzierung der Photometerangaben berücksichtigt werden. Diese Zahlen sind um so beachtenswerter, als sie die ersten genauen quantitativen Angaben waren, welche den Zusammenhang der Temperatur einer Lösung mit ihrer Zersetzlichkeit durch Licht (sog. Temperatur-Koeffizienten) ausdrücken.

Wird ein Gemenge von Quecksilberchlorid und Ammoniumoxalat sehr lange belichtet, so scheidet sich sehr viel Quecksilberchlorür aus. Ist dann noch überschüssiges Ammoniumoxalat vorhanden und wird die Flüssigkeit, samt dem am Boden befindlichen Quecksilberchlorür, noch immerfort an das Tageslicht (oder besser Sonnenlicht) gestellt, so färbt sich der weiße Niederschlag hellgrau, dann immer dunkler und dunkler und wird schließlich grauschwarz, indem sich vielleicht anfangs ein Subchlorür, dann aber metallisches Quecksilber bildet. Das vorhandene Quecksilberchlorür wird jedoch erst dann geschwärzt, wenn nur noch sehr wenig Quecksilberchlorid in der darüberstehenden Flüssigkeit enthalten ist. Nach des Verfassers Versuchen kann der Gehalt der Lösung unbeschadet von 1,6% auf 0,08 bis 0,10% Quecksilberchlorid sinken, ohne daß das in der Lösung suspendierte Quecksilberchlorür weiter zu Metall reduziert würde.

Für die photometrische Verwendbarkeit des Gemisches mit Ammoniumoxalat hat diese Erscheinung wohl nur wenig Einfluß, da ja auf keinen Fall die Exposition der Flüssigkeit an das Licht so weit getrieben werden darf, daß die Lösung sich der Erschöpfung nähert. Es ist dies ein nicht zu leugnender Übelstand aller derartiger Photometer (auch des Marchandschen mit Eisenchlorid und Oxalsäure), welchen man dadurch zu vermeiden trachten muß, daß man die Einwirkung des Lichtes unterbricht, sobald man eine reichliche Menge Niederschlag am Boden des Gefäßes bemerkt (über das Quantum, nicht über 1 g pro 100 ccm s. o.); das Volumen des Niederschlages bietet einen Anhaltspunkt dazu.

Versuche ergaben, daß etwa 90% des Quecksilberchlorür-Niederschlages durch die ultravioletten Strahlen bewirkt werden und nur 10% durch das gesamte übrige Spektrum[1]).

Dieses Zahlenverhältnis wird, wie auch aus den Versuchen des Verfassers hervorgeht, unmöglich zu allen Tages- und Jahreszeiten gleich bleiben.

Die im Vergleich zu Silbersalzen geringe Lichtempfindlichkeit dieses Photometers macht es nur für längere Beobachtungszeiten verwendbar. Man wird damit die Intensität des Lichtes nicht im Verlaufe von einigen Minuten, sondern nur von Stunden bestimmen können. Vortrefflich wird dasselbe zur Bestimmung der mittleren Lichtintensität für einzelne Tage dienen und neue Aufschlüsse über die Verteilung der äußersten violetten und der unsichtbaren Lichtstrahlen jenseits des Violett in den verschiedenen Jahreszeiten geben.

---

1) Enthält die Quecksilberoxalatlösung größere Mengen von Ferrisalzen, so rückt die Empfindlichkeit im Spektrum gegen Blauviolett vor.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Mit Eders Quecksilberoxalat-Photometer stellte Sebelien ausführliche Beobachtungsreihen über die Abhängigkeit des Aktinismus des Sonnenlichtes von Sonnenstand und meteorologischen Verhältnisses an (Eders Jahrb. f. Phot. 1906, S. 445).

Jodlbauer und Tappeiner beobachteten, daß die „Edersche Lösung" im luftleeren resp. sauerstofffreien Raum im Licht sich rascher zersetzt als bei Zutritt von Sauerstoff. Mancher Farbstoff, z. B. Eosin, wirkt in der Quecksilberlösung als Beschleuniger (Eders Jahrb. f. Phot. 1906, S. 591).

Über das Photometergemisch von Quecksilberchlorid und Ammoniumoxalat, das beim Belichten Quecksilberchlorür fallen läßt, stellte Chr. Winther Untersuchungen an. Am Londoner Kongr. f. angew. Chemie berichtete er hierüber (Österr. Chem.-Ztg. 1909, S. 222; ausführlich: Zeitschr. f. wiss. Phot. 1909, S. 409).

Aus Winthers Bericht über die „Ederlösung" sei erwähnt: Kastle und Beatty fanden, daß Eisenchlorid die Lichtzersetzung der Ederlösung sehr stark beschleunigt. Winther fand nun, daß diese Beschleunigung mit der Menge des Eisenchlorids bis zu einem gewissen Punkt wächst, von welchem an ein weiterer Zusatz von Eisenchlorid die Sensibilität verringert. Bei Abnahme des Sauerstoffgehaltes der Lösung verschiebt sich das Maximum gegen die kleineren Eisenchloridkonzentrationen zu, und die Lösung wird empfindlicher als sie war. Die Sensibilität der Lösung konnte auf diese Weise von 1 bis etwa 12000 variiert werden. Die Untersuchungen erstreckten sich nun auf folgende Probleme:

1. Die Ursache des katalytischen Einflusses des Eisenchlorids. — Es war schon lange bekannt, daß eine Mischung von Eisenchlorid und Ammoniumoxalat bei Einwirkung von Licht sich in Ferrosalz und Kohlendioxyd umwandelt. Winther fand, daß eine verdünnte Lösung eines Ferrosalzes mit der Ederlösung in der Dunkelheit ziemlich schnell reagiert unter Bildung von Quecksilberchlorür und Kohlendioxyd.

2. Die Ursache des verzögernden Einflusses des Sauerstoffes, welche von Roloff (1894) und Jodlbauer und Tappeiner (1905) gefunden wurde. — Winther fand, daß das Ferrosalz viel mehr fällt als eine äquivalente Menge von Eisenchlorid, in einer mit Luft gesättigten Lösung ungefähr 20mal soviel. Bei Abnahme des Sauerstoffgehaltes in der Lösung wird das Verhältnis von Quecksilberchlorid zu Ferrosalz viel größer. In einem Strom von gereinigtem Kohlendioxyd fällt Ferrosalz die 4000fache Menge der äquivalenten Quecksilberchloridmenge. Es konnte gezeigt werden, daß die Oxydation des Ferrooxalats die Zerstörung der Ederlösung in der Dunkelheit bewirkt. Je weniger Sauerstoff in der Lösung, desto weniger Ferrosalz ist notwendig für die Fällung des Quecksilberchlorids. Je früher durch die Einwirkung des Lichtes auf das in der Ederlösung enthaltene Eisen die unterste Grenze für die Fällung des Quecksilberchlorids erreicht ist, um so größer ist die Sensibilität.

3. Die Ursache des Eisenchloridmaximums. — Bei Gegenwart von Ferrisalz ist die Fällung von Quecksilberchlorid durch Ferrosalze langsamer, oder durch das gleiche Verhältnis von Ferrisalz und Ferrosalzen wächst der verzögernde Einfluß des Ferrisalzes mit der Menge von Eisen. Unter der Annahme, daß die Sensibilität des Ferrioxalats unabhängig ist von der Menge des Eisens bei gleicher Bestrahlung verschiedener Mischungen, sollten sich gleiche Mengen von Ferrosalz bilden. Der verzögernde Einfluß des übrigbleibenden Ferrisalzes auf die Fällung des Quecksilberchlorids besteht jedoch, was sowohl direkt als indirekt bewiesen werden konnte, und kann die Ursache eines Maximums sein, wie experimentell nachgewiesen wurde.

4. Die Ursache der Änderung des Eisenchloridmaximums mit der Menge des Sauerstoffes. — Winther fand, daß der verzögernde Einfluß des Ferrisalzes auf die Fällung von Quecksilberchlorid durch Ferrosalz wächst mit abnehmendem Sauerstoff-

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

gehalt der Lösung. Bei kleinen Mengen von Sauerstoff ist der verzögernde Einfluß deswegen auch kleiner wie bei geringem Eisengehalt.

Es wurden verschiedene käufliche Quecksilberchloridlösungen und Ammoniumoxalate untersucht. Bei gleicher Bestrahlung der verschiedenen aus diesen Präparaten hergestellten Mischungen zeigte es sich, daß die Sensibilität zwischen 1 und 3 schwankte. Der Fehler kann korrigiert werden durch Zufügen einer geeigneten Menge von Eisenchlorid, wodurch auch der Einfluß des Sauerstoffes auf ein Minimum gebracht werden kann. (Eders Versuche s. oben S. 109.) Die Untersuchungen zeigen, daß die Ederlösung geringe Mengen von Eisensalzen enthält. Die Untersuchungen über den verzögernden Einfluß des Sauerstoffes ergaben, daß die reine eisenfreie Ederlösung praktisch insensibel oder unempfindlich gegen Lichtwirkung ist (Eders Jahrb. f. Phot. 1910, S. 433).

G. Schwarz empfahl das Edersche Quecksilberoxalatphotometer zur Messung der Intensität der Röntgenstrahlen; er bestimmt jedoch die Menge des ausgeschiedenen Niederschlages nicht gewichtsanalytisch sondern volumetrisch, z. B durch Zentrifugieren in Glasröhrchen, oder bestimmt die Trübung der Flüssigkeit mit Suspensionen von Kalomel bekannter Zusammensetzung (Eders Jahrb. f. Phot. 1907, S. 215 u. 449).

V. Photometer mit Ferrioxalat, Ferrichlorid und Oxalsäure, sowie Uranylverbindungen.

Vielfach sind Photometer auf die Erscheinung gegründet worden, daß oxalsaures Eisenoxyd (Ferrioxalat), oder oxalsaures Uranoxyd (Uranyloxalat), oder Gemische von Eisenchlorid oder salpetersaurem Uranoxyd mit Oxalsäure im Lichte Oxydulsalz (Ferrosalz usw.) bilden, indem zugleich die Oxalsäure oxydiert und Kohlensäure gasförmig ausgeschieden wird. Man mißt nun entweder das entweichende Gas (Burnett 1858, Niepce 1859, Woods 1860, Marchand 1873, Monckhoven 1879) oder bestimmt das entstandene Oxydulsalz (Ferro-, Uranosalz) auf analytischem Wege (J. C. Draper 1857), oder ermittelt den Gewichtsverlust, der durch die entweichende Kohlensäure bedingt ist (H. W. Draper, Burnett). Leider wurde fast überall vernachlässigt, daß mit der Erschöpfung der Lösung im Lichte die Gasentwicklung geringer wird, daß Wärme die Gasentwicklung beschleunigt und daß die Flüssigkeit von beiden Faktoren abhängende variable Mengen von Kohlensäure absorbiert.

Methoden, bei welchen das entweichende Kohlensäuregas gemessen wird.

Am häufigsten suchte man das aus lichtempfindlichen Lösungen entweichende Gas zu messen, weil dieser Vorgang der leichteste und am raschesten zum Ziele führende ist und außerdem gestattet, die in einer bestimmten Zeit ausgeübte Lichtwirkung jeden Augenblick ablesen zu können.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Niepce de St. Victor empfahl 1859[1]) ein Gemisch von Urannitrat und Oxalsäure in einer mit Steigerohr versehenen Flasche dem Lichte zu exponieren und die in Folge der Lichtwirkung entweichende Kohlensäure in dem Steigerohre zu messen (Fig. 56).

Ganz desselben Apparates bediente sich Monckhoven 1879[2]). Er nahm eine Flasche, welche etwa 250 ccm faßte, füllte sie mit Lösung von oxalsaurem Uranoxydammoniak[3]) ganz voll an und verschloß den Hals mittels eines Kautschukpfropfens, der eine Glasröhre von 30 cm Länge trug; der Durchmesser des Rohres *B* betrug nur 1 mm, wenn das Photometer im Atelier (bei Negativaufnahmen) verwendet werden sollte, jedoch 4 mm, wenn es zum Pigmentverfahren dienen sollte. Durch die im Innern des Gefäßes erfolgende Gasentwicklung wird die Flüssigkeit in weniger als einer Minute merklich im Rohre in die Höhe getrieben. — Auch 1 g brennender Magnesiumdraht bewirkt nach H. W. Vogel[4]) schon das Steigen der Flüssigkeitssäule um einige Millimeter.

Woods richtete 1860 ein ganz ähnliches Photometer wie Niepce ein[5]), nur mit dem Unterschiede, daß statt der Uranlösung die schon von Draper benutzte Lösung von Ferrioxalat angewendet und dem viereckigen Entwicklungsfläschchen *A* außer der Steigeröhre *B* ein Thermometer und ein beliebig zu öffnendes Austrittsrohr *D* für das entbundene Gas beigegeben ward (Fig. 57). Woods machte auf den großen Einfluß der Temperatur aufmerksam, gab aber keine Korrektionstabellen hierfür an; deshalb, sowie wegen mangelnder Konzentrations-Korrektion sind alle drei genannten Apparate ungenau.

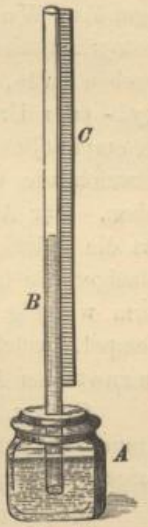


Fig. 56.
Niepces Photometer.

Das Lipowitzsche Aktinometer wurde im Anschluß an Woods' Apparat konstruiert[6]). Es zeigt Fig 58 zwei Flaschen *aa'*; in der mit *a'* bezeichneten befindet sich eine Lösung von saurem oxalsauren Eisenoxyd in Wasser von 1,08 bis 1,1 spezifischem Gewicht. Zwischen diesen Grenzen der Konzentration beobachtete Lipowitz keine wesentlich geringe oder größere Zersetzung der Lösung in einem Lichte von gleicher Intensität. Es ist nur nötig, vor Beginn der Beobachtung diese Flasche dem Lichte so lange auszusetzen, bis die in derselben enthaltene Flüssigkeit mit der durch die Zersetzung derselben entstehende Kohlensäure gesättigt ist. In jeder Flasche befindet sich seitwärts am Boden eine Öffnung, in welcher die heberförmig gebogenen, an beiden Enden offenen Glasröhren *bb* mit einem Kork eingepaßt sind. Die kürzeren Schenkel dieser Röhren stehen frei über je einen in $^1/_{10}$ ccm eingeteilten Zylinder *d*. Beide Flaschen sind auf einem Brettchen *e* in Messinghaltern *ff* festgestellt, so daß sie, wenn das Brettchen mittels der Schraube auf dem Messingfuß *g* nach der einen Seite geneigt ist, nicht herabfallen. — Die zweite Flasche ist mit einer vom Lichte nicht zersetzbaren Flüssigkeit von gleicher Farben-

1) Cosmos 1859, Bd. 2. S. 341.

2) Phot. Corr. 1879, S. 176; Phot. Mitt, Bd. 16, S. 129.

3) Die Flüssigkeit wird in folgender Weise hergestellt: 50 g kohlensaures Uranoxydammoniak werden in 30 g Oxalsäure und 200 ccm Wasser gelöst, filtriert und in der Flasche mit Wasser auf 250 ccm verdünnt.

4) Phot. Mitt., Bd. 16, S. 163.

5) Kreutzer, Zeitschr. 1860, Bd. 1, S. 58, aus Journ. Phot. Soc. London, Bd. 6, S. 135.

6) Kreutzer, Zeitschr. f. Phot. 1860, Bd. 1, S. 188.

intensität und Durchscheinenheit gefüllt (z. B. irgend eine Eisenoxydlösung). Der Apparat erhält stets die Stellung, daß die Lichtstrahlen auf die geraden Flächen der Flaschen bei den täglichen Beobachtungen unter dem Winkel auffallen, welchen für jeden Ort die Strahlen beim niedrigsten Stande der Sonne haben. Durch eine Vorrichtung, wie Fig. 59 uns zeigt, wird dies leicht erreicht. Zwischen den inneren Armen der Flaschenhalter *ff* ist horizontal ein Faden *h* eingespannt, welcher seinen Schatten auf den markierten Strich der kleinen Rückwand werfen muß, wenn der Apparat in der verlangten Stellung sich befinden soll. Auf jeder Flasche befindet sich eine kleine weiß beklebte Papphaube, welche bei Beobachtungen in der Sonne etwa den vierten oberen Teil vor zu starker Erwärmung und dadurch erfolgender Ausdehnung der Luft zu schützen hat. Beim Gebrauche wird in den Zylinder links nur so viel von der neutralen Flüssigkeit der Flasche *a* abtropfen, als sich der Inhalt derselben durch etwaige starke Erwärmung ausgedehnt hat. Dieses Quantum ist stets von dem aus der Flasche *a'* Geflossenen abzuziehen. Die Differenz der Inhalte beider Zylinder gibt somit den eigentlichen Lichteffekt an.

Burnett hatte ein ähnliches Photometer, wie Woods konstruiert. Er machte gegenüber Woods sein Recht der Priorität geltend, indem er schon in der Liverpooler photographischen Zeitschrift vom 15. Dezember 1858 den Abriß seines Photometers gegeben hatte, wo der Grundsatz der Messung des im Lichte aus oxalsauren Eisenoxyd- oder Uranoxydsalzen Kohlensäuregases angeführt ist. Er zog aber vor, nicht die empfindliche Flüssigkeit selbst zum Anzeigen zu verwenden, sondern durch das entweichende Gas einer Öl- oder Quecksilbersäule in einem getrennten Gefäße zu heben. Der Apparat kann die Form wie Fig. 60 haben, wo das aus *A* entweichende Gas die Flüssigkeitssäule bei *D* senkrecht hebt, oder die Form wie Fig. 61, wo die Anzeigeröhre horizontal liegt, um den Druck der Flüssigkeit zu beseitigen, oder die Form wie Fig. 62. Auch das Ersetzen der Anzeigeflüssigkeit durch einen leichten Stempel, welcher etwas Öl über sich hat und sich in einer Röhre bewegt, faßte Burnett ins Auge.

Carey Lea füllte das Photometer mit gelöstem oxalsaurem Eisenoxydammoniak (Annuaire Photogr. 1868, S. 99), welches Salz sich aber nicht so regelmäßig als die vorigen zersetzt.

Am vollkommensten in dieser Richtung ist Marchands Photometer oder, wie er es nennt, „Photantitypimeter".

Bei dem „Photantitypimeter" wird das entweichende Gas gemessen[1]). Es besteht aus einer 90 bis 100 ccm fassenden Flasche (*AA'*) von weißem Glase (Fig. 63), welche mit einem schwarzen undurchsichtigen Firniß mit Ausnahme der runden Stelle (*X*) überzogen ist. Die freie durchlassende Stelle soll genau 5 oder 10 qcm Fläche haben; durch dieselbe dringt das Licht ein und wirkt auf die in der Flasche befindliche lichtempfindliche Mischung. Oder man wendet eine besonders geformte Flasche, wie sie Fig. 63 *G* (*Z' g*) zeigt, an.

1) Marchand, Étude sur la force chimique continue dans la lumière du Soleil. Paris 1875. Eine kurze Notiz erfolgte schon im November 1873 in den Annales de chim. et phys. Die für die Akademie bestimmte ausführliche Abhandlung wurde Becquerel zur Berichterstattung zugewiesen, welcher aber die höchst interessante Arbeit fast zwei Jahre liegen ließ, worauf sie Marchand separat veröffentlichte (s. die Vorrede zum erwähnten Werk).

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Vor dem Gebrauche wird die Flasche mit der Oxalsäure-Eisenchloridlösung ganz voll gefüllt und mit einem durchbohrten Pfropfen, der das geschwärzte Gasentbindungsrohr (*BB'*) trägt, geschlossen; das in der Flasche befindliche Ende des Rohres ist derartig gekrümmt, daß es bis an die Oberfläche der Flüssigkeit reicht und das Entweichen des Gases ermöglicht.

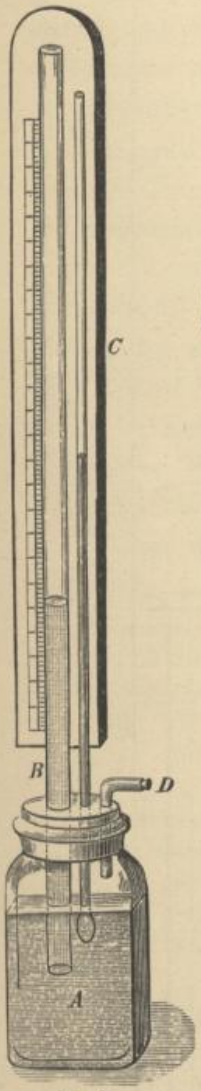


Fig. 57.
Woods' Photometer.

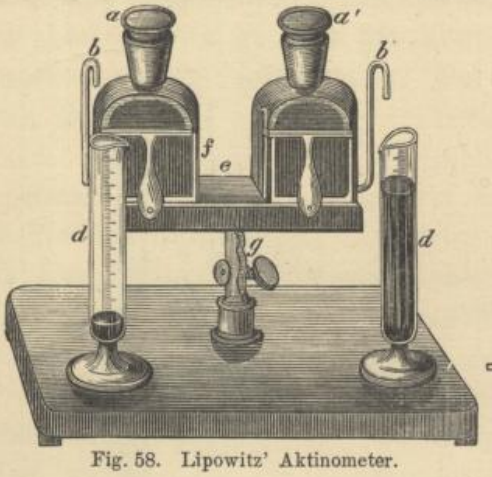


Fig. 58. Lipowitz' Aktinometer.

Fig. 59. Lipowitz' Aktinometer.

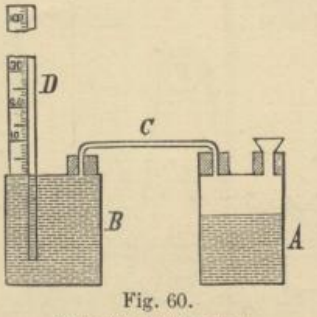


Fig. 60.
Burnetts Photometer.

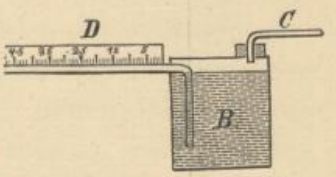


Fig. 61.
Burnetts Photometer.

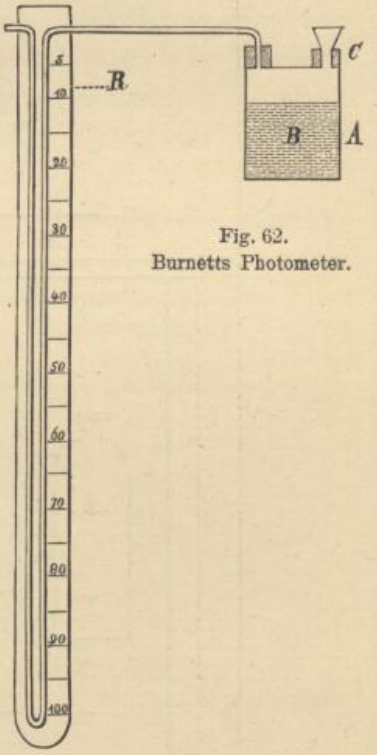


Fig. 62.
Burnetts Photometer.

Unter dem Einflusse des Lichtes entwickelt sich Kohlensäure, welche sich unter der graduierten Glocke *E* sammelt, bei welcher sirupartiges Glyzerin (von 28 bis 30 Grad B.) als Sperrflüssigkeit dient. Die pneumatische Wanne *t* verlängert sich nach unten in ein weites Rohr *C'*. Letzteres dient dazu, um das in *E* gesammelte Gas durch Untertauchen und gleichzeitiges Öffnen des Hahnes zu entfernen, die Meßglocke

wieder mit Glyzerin zu füllen, worauf man den Hahn schließt und selbe wieder an die alte Stelle bringt.

Die lichtempfindliche Lösung stellte Marchand durch Mischen von 10 ccm Eisenchloridlösung von 24 Grad B. (d = 1,200), 10 ccm Oxal-

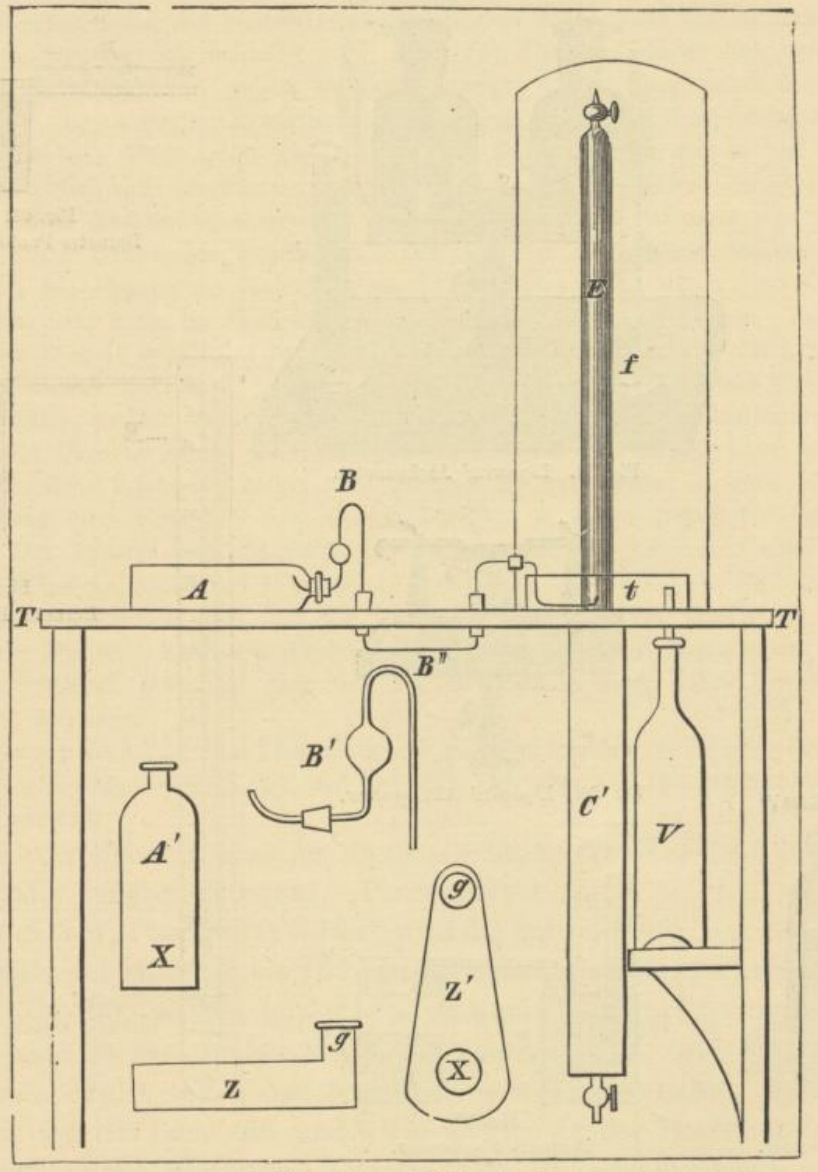


Fig. 63. Marchands Photantitypimeter.

säurelösung (20 g auf ein Liter Wasser gelöst) und so viel Wasser (oder an Stelle desselben schon einmal gebrauchte mehr oder weniger erschöpfte Photometerflüssigkeit) her, bis die Flasche voll ist. Jede der Lösungen wird zuvor mit Kohlensäure gesättigt. Dies Verhältnis fand Marchand als das beste. Eine unverdünnte Mischung aus 1 Volumen

der Eisenchlorid- mit 2 Volumen Oxalsäurelösung ohne Kohlensäure fand er anfangs wohl lichtempfindlicher, aber die Empfindlichkeit nahm rasch ab und der Gang der Reaktion war nicht regelmäßig, bevor nicht $^2/_3$ des Eisenchlorids reduziert waren. Bei der normalen Lösung verläuft die Reaktion regelmäßig, wenn nicht mehr als 260 ccm Gas entwichen sind (die Flüssigkeit kann 340 ccm Gas entwickeln), dann nimmt die Zersetzung im Lichte stark ab und die Kohlensäure-Entwicklung ist nicht mehr proportional der Lichtwirkung. Die Flüssigkeit in und außer der graduierten Röhre wird während der Operation immer im gleichen Niveau gehalten. Man kann in jedem Augenblick ablesen, man braucht nur die Temperatur und den Barometerstand zu berücksichtigen. — Ist die wirksame Flüssigkeit erschöpft, so ersetzt man 30 ccm Flüssigkeit durch 10 ccm Eisenlösung und 20 ccm Oxalsäurelösung. Die völlige Erneuerung der Flüssigkeit ist nur zwei- bis dreimal jährlich nötig. — Notwendig ist es, die Flüssigkeit mit Kohlensäure gesättigt zu erhalten; Marchand verwendet deshalb Vorratsflaschen mit Röhren und bewahrt sie unter Kohlensäure-Atmosphäre auf mit einigen Zentimetern Glyzerin Druck. — Man beachte, daß die Temperatur der Flüssigkeit in nicht bekannter Weise das Resultat beeinflußt.

Über die Wirkung der verschiedenfarbigen Strahlen des Sonnenspektrums gibt nachstehende Tabelle Aufschluß:

Teil des Spektrums	Relative chemische Wirkung	Teil des Spektrums	Relative chemische Wirkung
rot	2,6	violett	75,9
„	3,1	„	31,2
rotorange	4,2	ultraviolett	18,2
orange	5,7	„	8,8
gelb	43,1	„	8,3
grün	134,1	„	6,2
blau	278,0	„	5,2
„	337,8	„	2,0
indigo	370,0	„	2,0
violett	214,1	„	1,4

Warnerke wendete wie Marchand ein Gemenge von Oxalsäure und Eisenchlorid als photometrische Flüssigkeit an, jedoch nach folgenden Mischungsverhältnissen:

Eisenchlorid	60	Gramm
Oxalsäure	16,5	„
Wasser	60	„

Er sättigte diese Lösung nicht von Vorhinein mit Kohlensäure, sondern begann seine Beobachtungen erst dann, nachdem der Apparat

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

einige Zeit dem Lichte ausgesetzt worden war. Da er bemerkte, daß in der Dunkelheit und bei wechselnder Temperatur ein Teil der Kohlensäure wieder frei wird, so trennte er, wie Marchand, den gaserzeugen-

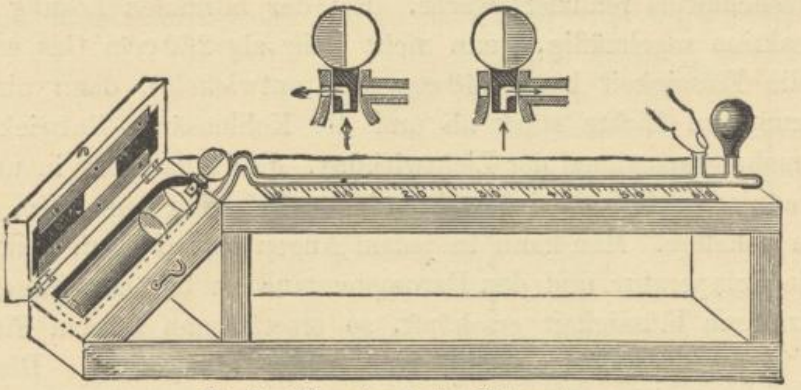


Fig. 64. Warnerkes Oxalat-Photometer.

den Apparat vom registrierenden. Die von ihm als Photometer benutzte Vorrichtung zeigt Fig. 64.

Für genaue Messungen des entweichenden Gases gab Warnerke folgenden Apparat[1]) an, welcher aus einer langen Flasche besteht. Sowohl Stöpsel als Hals sind durchbohrt, so daß das Gas bei der ersten Stellung (s. Fig. 64) an die Luft entweicht. Durch eine Drehung des Hahnes in die zweite Stellung kann man das Gas in die Meßröhre leiten. Die enge Meßröhre hat an dem einen Ende zwei Ansätze, wovon der eine mit einem Kautschukballon versehen, der andere offen ist. In die Röhre wird ein Tropfen Quecksilber gebracht und durch passendes Drücken des Ballons an Grad 0 der Röhre geschoben, welche Manipulation aus der Figur leicht ersichtlich ist.

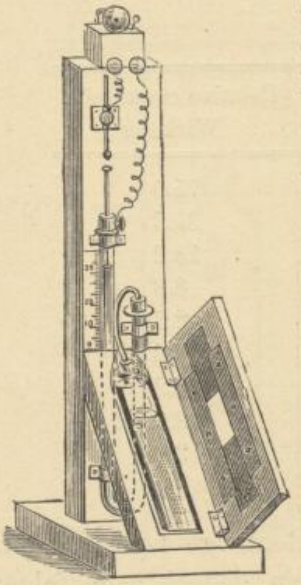


Fig. 65.
Warnerkes Alarm-Photometer.

Sinnreich ist Warnerkes Alarm-Photometer konstruiert (Fig. 65). Er besteht aus der mit oxalsaurem Eisenoxyd gefüllten Flasche. Ein U-förmiges Glasrohr enthält Glyzerin. Das eine Ende ist mit der Flasche verbunden, am anderen befindet sich ein Schwimmer mit einem feinen Platindraht. Das durch Lichtwirkung ausgetriebene Gas treibt die Flüssigkeit und damit den Schwimmer in die Höhe und berührt einen in bestimmter Höhe angebrachten Metallknopf, wodurch eine eingeschaltete elektrische Glocke zum Läuten gebracht

1) Bull. Assoc. Belge Phot., Bd. 6, S. 403.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

wird. Dadurch kann eine bestimmte Lichtwirkung zur Anzeige gebracht werden.

Alle diese Instrumente entbehren aus dem oben genannten Grunde der Genauigkeit, sind aber gewiß verbesserungsfähig.

Die photochemischen Reaktionen der Ferrisalze sind in Eders Photochemie 1906, S. 167 beschrieben.

Gewichtsanalytische Bestimmung des zersetzten Eisensalzes.

Im Jahre 1857 schlug John C. Draper[1]) eine wässerige Lösung von saurem oxalsauren Eisenoxyd vor, um durch deren Zersetzung im Lichte ein Maß für die Intensität des Lichtes zu gewinnen. Diese Lösung kann in vollkommener Finsternis aufbewahrt werden, ohne daß sie eine Änderung erleidet; setzt man sie aber dem Lichte einer Lampe oder des Tages aus, so erfolgt die Reduktion. Der vorzugsweise wirksame Strahl ist der indigoblaue, welcher während seiner Wirkung absorbiert wird. Draper machte aufmerksam, daß man die Ausscheidung des zitronengelben oxalsauren Eisenoxyduls am Lichte vermeiden müsse, damit das Glas nicht seine Durchsichtigkeit verliere und daß ferner die Flüssigkeit bei einer beständigen Temperatur erhalten werde, indem sich ihre Farbe in der Wärme ändert. Bei 0 Grad C ist sie smaragdgrün, bei 100 Grad C aber bräunlichgelb. Mit dieser Farbenwandlung ändert sich auch die Aufsaugung des Lichtes und daher ihre Zersetzbarkeit. Draper erkannte die Schwierigkeit, aus der Menge des frei gewordenen Kohlensäuregases die Größe der Zersetzung zu erschließen; dieselbe liegt hauptsächlich in der Absorption der Kohlensäure durch das Wasser. Er zog es deshalb vor, das entstandene oxalsaure Eisenoxydul durch Versetzen der Lösung mit Goldchlorid zu bestimmen, wobei das Oxydulsalz metallisches Gold ausscheidet, welches quantitativ bestimmt werden kann. — Die Methode wäre genau, falls die Temperatur- und Konzentrationseinflüsse bekannt wären.

Bestimmung des durch die Lichtwirkung erlittenen Gewichtsverlustes.

Harry N. Draper beschäftigte sich mit demselben Gegenstande wie John C. Draper. Er sättigte eine Lösung von 189 Teilen kristallisierter Oxalsäure mit Eisenoxyd und verdünnte dann mit Wasser auf 2000 Teile und exponierte das Gemisch in einem Gefäße dem Lichte; der Apparat wurde vor und nach dem Exponieren gewogen und auf diese Weise gewichtsanalytisch die entwichene Kohlensäure bestimmt, wodurch die Korrektionen für Druck, Temperatur usw., welche beim Messen des Gases nötig erscheinen, vermieden wurden. Die in der Lösung absorbiert bleibende Kohlensäure, welche das Resultat wesentlich beeinflußt, wurde durch Hindurchleiten von Wasserstoffgas während $^1/_2$ Stunde beseitigt[2]).

Burnett hatte ebenfalls den Plan, den Gewichtsverlust, welchen eine Lösung von oxalsaurem Eisenoxyd oder Uranoxyd oder eine Mischung von Urannitrat oder Eisenalaun mit Oxalsäure oder sauren oxalsauren Salzen im Lichte erleidet, zu bestimmen. Er dachte das Gefäß mittels eines Hebelwerkes nach Art der Schnellwage abzuwägen oder dasselbe im Wasser nach Art eines Aräometers schwimmen zu lassen, wodurch das Instrument infolge des Gewichtsverlustes im Lichte in die Höhe steigt.

---

1) Philos. Magaz. 51, 151. Dingler 146, 29. Horn. Phot. Journ. 8, 85.

2) The photogr. Journal 1859, S. 37.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

VI. Photometrie mit Nitroprussidnatrium.

Roussin wendet eine Lösung von 2 Teilen Nitroprussidnatrium, 2 Teilen trockenem Eisenchlorid und 10 Teilen Wasser an. Die Lösung scheidet im Lichte Berlinerblau aus, welches auf einem Filter gesammelt, bei 100 Grad getrocknet und gewogen wird; auch kann das spezifische Gewicht mittels eines sehr empfindlichen Aräometers bestimmt werden.

Die Abnahme des spezifischen Gewichtes ist proportional der Menge des ausgeschiedenen Berlinerblau; oder es werden 15 qcm große, gewogene Papierstücke mit der Lösung getränkt, getrocknet, exponiert, gewaschen und wieder gewogen. Die Gewichtszunahme bringt man als Berlinerblau in Rechnung[1]). — Nach Aug. Vogel bewirkt auch Magnesiumlicht bald eine Zersetzung[2]).

Verfasser beobachtete, daß die Flasche, welche die Lösung von Nitroprussidnatrium enthält, bald an den Wänden sich mit dem blauen Niederschlag bedeckt und deshalb den Zutritt des Lichtes hemmt, wodurch Unregelmäßigkeiten veranlaßt werden müssen. Wäre dies nicht der Fall, so könnten auch gemischte Lösungen von den Ferridcyankalium- und Eisenoxydsalzen (z. B. Eisenalaun) mit Nitroprussidnatrium bei Luftabschluß photometrische Verwendung finden.

VII. Jodoform-Chloroformlösung.

Die Lösung von reinem Jodoform in Chloroform ist im Dunklen gelblich, wird aber im Lichte ebenso wie durch Radium- oder Röntgenstrahlen rasch purpurrot; es wird Jod frei. Eine 2prozentige Jodoformlösung in Chloroform dient als Photometerflüssigkeit (s. dieses Handbuch, I. Band, zweiter Teil, Photochemie 1906, S. 477).

---

1) Phot. Archiv 1865, S. 342.
2) Ibid. 1871, S. 92.

SIEBENTES KAPITEL.

VERWENDUNG OPTISCHER PHOTOMETER UND PHOSPHORESZIERENDER SUBSTANZEN IN DER PHOTOGRAPHIE.

Versuch, optische Photometer photographisch zu verwerten.

Es wurde an mehreren Stellen dieses Werkes darauf hingewiesen, daß die chemische Intensität verschiedener Lichtquellen nicht mit ihrer optischen Helligkeit parallel läuft; diese Divergenz wird um so auffälliger, je größer die spektrale Zusammensetzung des von ihnen emmittierten Lichtes ist.

Manche in den Handel gekommenen sogenannten Photometer für photographische Zwecke (Expositionsmesser, s. u.) sind keineswegs Instrumente, welche die chemische Intensität messen, sondern mit ihnen kann nur die optische Helligkeit bestimmt werden. Sie sind also eigentlich im Prinzipe als photochemische Photometer falsch. Als Beispiel eines solchen Photometers sei das von Decoudun oder Goerz herausgegriffen. Bei demselben wird das Bild auf der matten Scheibe durch eine halbdurchsichtige Schicht betrachtet, deren Undurchsichtigkeit in einer Reihe von Abstufungen zunimmt. Je heller das Bild auf der matten Scheibe ist, um so weniger lichtdurchlassende Schicht kann man vor das Auge bringen, um das Bild auf der matten Scheibe nicht mehr zu erkennen. Hieraus wird dann ein Schluß auf die erfordefliche Expositionszeit gemacht.

Es ist klar, daß hier nur die optische Helligkeit des Bildes auf der matten Scheibe gemessen wird, weil die optische Durchlässigkeit der halbdurchsichtigen Schicht als Maß genommen wird. Wenn, wie schon hervorgehoben, diese Methode prinzipiell ungenau ist, so darf man diese Methode für die Praxis nicht ganz verwerfen, sondern muß zugeben, daß solche Photometer für eine Reihe von Fällen brauchbare Resultate ergeben können, sobald es sich nur um die Helligkeitsmessung des gewöhnlichen Tageslichtes zu verschiedenen Zeiten handelt.

SLUB Wir führen Wissen.
gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Um die optischen Photometer zur Messung der photographischen Wirksamkeit des Lichtes besser verwendbar zu machen, schaltete man blaue Gläser vor, um die Helligkeit der blauvioletten Komponente des Tageslichtes, welche photographisch besonders wirksam ist, herauszuheben. Deshalb schlug bereits 1860 Draper vor[1]), das in irgend ein optisches Photometer[2]) fallende Licht durch blaue ammoniakalische Kupfersulfatlösung fallen zu lassen und dann die Intensität des blauen Lichtes mit dem Auge zu schätzen. Die blaue Lösung läßt nur die vorzugsweise chemisch wirkenden, nicht aber die optisch hellsten Strahlen (Rot, Gelb) durch.

Hierher gehört auch Husniks Photometer, bei welchem in einem Kasten ein schwarzer Fleck auf ultramarinblauem Grunde sich befindet. Man schiebt nun den Deckel des Kastens so weit zu, daß der Fleck verschwindet[3]). Jedoch ist dieses Photometer sehr unsicher, weil das Auge für diese Erscheinung eine sehr schwankende Empfindlichkeit besitzt.

1. Expositionsmesser, mittels welcher die Helligkeit des Bildes auf der Visierscheibe direkt ermittelt wird.

Diese Art der Expositionsmesser ist theoretisch richtig, aber nur dann, wenn auf aktinometrischem Wege die chemische Wirksamkeit des jeweiligen Lichtbildes ermittelt wird.

Es wurde auch vorgeschlagen, über der Kamera (besonders für Landschaftsphotographie) eine zweite kleine Kamera, welche nur zur Aufnahme des Photometers dient, anzubringen (C. P. in Brit. J. of Phot. 1877, S. 580).

Jedoch bietet diese Art der Helligkeitsbestimmung des Bildes auf der Visierscheibe mittels chemischer Aktinometer Schwierigkeiten (siehe S. 126), weshalb man den bequemeren, aber weniger genauen Weg einschlug und optische Photometer als Expositionsmesser verwendete, welche für den Ungeübten einigermaßen brauchbare Anhaltspunkte bieten; übrigens können kleine Fehler in der Belichtungszeit in der photographischen Praxis durch passende Hervorrufung der Platten korrigiert werden. Geübte Praktiker bedienen sich jedoch niemals derartiger Apparate, sondern wissen die Helligkeit des Visierscheibenbildes

---

1) Kreutzers Zeitschr. f. Phot. 1860, I, S. 188.

2) D. i. ein solches, bei dem die Helligkeit mittels des Auges abgeschätzt wird. Beim Bunsenschen z. B. wird ein Papierschirm mit einem Fettfleck zwischen die zu vergleichenden Lichtquellen geschoben, bis der Fleck von beiden Seiten gleichviel Licht erhält und deshalb unsichtbar wird oder gleich hell erscheint.

3) Phot. Mitteil. 1870, Bd. 7, S. 217.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

im Zusammenhang mit der erforderlichen Expositionszeit richtig einzuschätzen.

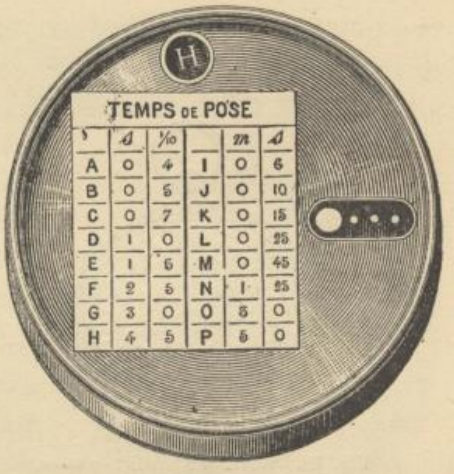
Zuerst brachte Decoudun in Paris (1888) einen optischen Expositionsmesser, den man an die Visierscheibe anlegte, in den Handel[1]).

Decoudun nahm bei Konstruktion seines äußerst sinnreich erdachten Instrumentchens (in Originalgröße in Fig. 66 und Fig. 67 dargestellt) einen Kreis, in Seidenpapiersegmente von verschiedener bestimmter Transparenz eingeteilt.

Diese Segmente sind hier in einem uhrförmigen Metallgehäuse (Fig. 66) eingeschlossen und werden durch Drehung des Knopfes vor die drei kleinen, in der Zeichnung ersichtlichen Punkte gebracht.

Das aufzunehmende Objekt wird wie gewöhnlich scharf eingestellt und die betreffende Blende eingefügt. Um nun die Expositionszeit richtig zu messen, geht man folgendermaßen vor:

Fig. 66.



s	d	1/10		m	d
A	0	4	I	0	6
B	0	5	J	0	10
C	0	7	K	0	15
D	1	0	L	0	25
E	1	5	M	0	45
F	2	5	N	1	25
G	3	0	O	3	0
H	4	5	P	5	0

Fig. 67.

Decouduns Expositionsmesser.

Man hält das Photometer an die matte Tafel seiner Kamera, während man mit einem entsprechend großen Einstellmantel sich so sorgfältig umhüllt, daß gar keine Spur Nebenlicht auf das kleine Instrument fällt. Man beobachtet nun von normaler Sehweite aus den kleinen Ausschnitt zur Linken des Photometers, wo man drei kleine und einen größeren Punkt wahrnimmt. Indem man nun den Mittelknopf dreht, werden diese Punkte nach und nach immer dunkler, bis ein Moment kommt, wo man selbe nicht mehr unterscheiden kann. Ist dies eingetreten, dann darf man ja nicht mehr weiter drehen. Man wendet nun das Instrument um und findet auf der Rückseite (Fig. 67) einen automatisch sichtbar gewordenen Buchstaben (in der Fig. 67 beispielsweise mit *H* gezeichnet), nach welchem man die Belichtungszeit auf der Expositionstabelle abliest. — Also $H = 4^1/_2$ Sekunden.

Die angegebenen Expositionszeiten sind für Gelatineemulsionsplatten von mittlerer Empfindlichkeit berechnet. Kommen aber hochempfindliche Platten in Anwendung, welche dann nicht mit der Tabelle übereinstimmen, so wird ein einfacher Versuch die Modifikation zeigen, welche eine der Ziffern zu erleiden hat; die anderen folgen dann alle in dem Verhältnisse der Tabelle, die durchaus nicht geändert werden darf.

---

1) Eders Jahrb. f. Phot. 1889, S. 35; Weber, Phot. Mitt., Bd. 25, S. 37.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Keineswegs ist es gleichgültig, wohin man das kleine Instrument auf der matten Tafel seiner Kamera aufsetzt, vielmehr muß man die drei kleinen Punkte über die wichtigste Lichtstelle des aufzunehmenden Bildes halten. Bei einer Porträtaufnahme in normaler Beleuchtung, z. B. auf die Lichtseite des Gesichtes, bei einer Landschaft auf die beleuchteten Partien des Mittelgrundes. Bei einem Interieur wird man die mittleren Lichter auf der matten Tafel messen.

Eine große Fehlerquelle dieser Art von Photometern besteht darin, daß die Augen verschiedener Beobachter das Verschwinden des letzten Lichtschimmers sehr verschieden beurteilen und auch derselbe Beurteiler verschiedene Ablesungen macht, je nachdem sein Auge mehr oder weniger lange im Dunkeln verweilt.

Bei dem neueren Photometer Nr. 41 von J. Decoudun in Paris ist ein blaues Glas eingesetzt. — Übrigens ging Decoudun zuletzt auf ein Photometer mit lichtempfindlichen Papier und Normalfarbe über (s. unten).

Fig. 68. Goerz' Expositionsmesser.

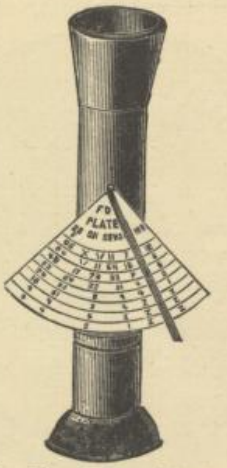


Fig. 69. Picards Expositionsmesser.

C. P. Goerz in Berlin konstruierte (1888) einen „Expositionsmesser" auf einem ähnlichen Prinzip wie Decoudun, vereinfachte aber denselben wesentlich. Derselbe besteht aus einer Metallkapsel (Fig. 68), innerhalb welcher sich eine Scheibe dreht; letztere hat am Umfange ein System von Löchern, deren Transparenz verschieden ist[1]). Man legt beim Gebrauche den Expositionsmesser unter dem schwarzen Tuche auf die Visierscheibe der Kamera, so daß der helle Teil des Bildes, welcher am wichtigsten ist, auf das oberste Feld fällt und dreht nun den Knopf des Zeigers, bis die drei sichtbaren transparenten Punkte verschwinden, weil eine entsprechend undurchsichtige Schicht der Scheibe im Innern durch Drehen hervorgebracht wurde. In diesem Momente wird mit dem Drehen des Knopfes aufgehört und die Stellung des Zeigers gibt die jeweilige relative Belichtungszeit unmittelbar am Zifferblatte des Instrumentes an.

Bei diesem Apparate ist die Handhabung äußerst einfach und die relative Bildhelligkeit auf der Visierscheibe mit annähernder Genauigkeit festzustellen.

Picard gab dem Decoudunschen Expositionsmesser die in Fig. 69 abgebildete Form (Eders Jahrb. f. Phot. 1896, S. 438).

---

1) Eders Jahrb. f. Photogr. 1889, S. 106. — Die an diesem Photometer angebrachten Expositionszeiten sind annähernd verkehrt proportional der Undurchsichtigkeit der transparenten Schicht im Innern.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Feitzingers (Wien) „Exponometer" besteht aus einer Papierskala, die man an die Visierscheibe hält; man beobachtet die letzte eben noch durchscheinende Stelle (Eders Jahrb. f. Phot. 1905, S. 355).

2. Optische Expositionsmesser, mit welchen die Helligkeit der Landschaft direkt abgeschätzt wird.

Bei neueren Formen dieser optischen Expositionsmesser werden blaue abschattierte Keile bis zur Verdunklung geschoben und somit das Drapersche Prinzip verwendet.

Hierher gehört das vielfach verwendete Gustav Heydesche Aktino-Photometer (Dresden-A.).

Dasselbe besteht aus zwei drehbar verbundenen und mit einer Durchsicht versehenen Dosen. Innerhalb der Dosen ist ein Keilprisma von eigenartigem, dunkelblauem Glase angebracht, das durch die Drehung der Dosen von seiner hellsten bis zur dunkelsten Stelle vor der Durchsichtsöffnung vorübergeführt wird. Zur weiteren Verdunklung des Keils (bei Aufnahmen von Gletschern, Meer usw.) ist ein dunkles Glas vorschaltbar. Die eigenartige Färbung des Glaskeils schaltet die nicht aktinischen Strahlen fast ganz aus, so daß in der Hauptsache nur die aktinischen grünen, blauen und violetten Strahlen zur Wirkung kommen. Das Instrument ist daher „Aktino-Photometer" genannt worden (siehe Fig. 70). (Siehe auch Phot. Korresp. 1905, S. 176; Eders Jahrb. f. Phot. 1905, S. 352.)

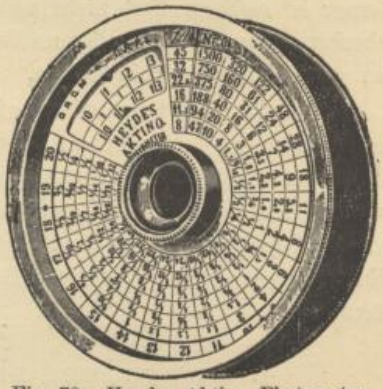


Fig. 70. Heydes Aktino-Photometer.

Der Aufnahmegegenstand wird direkt betrachtet (nicht auf der Visierscheibe) und so lange der Zeiger des Instrumentes gedreht, bis die beobachteten dunklen Stellen des Motivs verschwinden. Eine beigegebene Tabelle enthält Objektivhelligkeiten usw. und gibt in Verbindung mit den Photometeranzeigen die Belichtungszeiten.

Hierher gehört auch das Normal-Photometer von Degen in Paris (Rue de la Perle 3), bei welchem ein Prisma aus veilchenblauem Glase, auf das ein gleiches Prisma in umgekehrter Richtung aufgekittet ist, so daß beide zusammen eine planparallele Scheibe darstellen, deren eine Seite ganz dunkel ist und deren andere heller verläuft. Durch Verschieben solcher blauer Keile kann das Licht verschieden gedämpft werden, und man betrachtet durch dieselben den betreffenden Gegenstand. Eine dazu gehörige Skala gibt die betreffende Expositionszeit an.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

3. Chemische Photometer an der Visierscheibe der Kamera.

Der richtigere Weg ist ohne Zweifel, die jeweilige Helligkeit des Bildes in der Kamera mittels lichtempfindlicher photographischer Schichten zu prüfen. Dies tat schon Soleil 1840 zur Bestimmung der Expositionszeit für Daguerreotypplatten. Soleils Röhrenphotometer bestand in folgendem Apparate. Er schwärzte die innere Wand einer messingenen Röhre von 40 mm Länge und 25 mm Durchmesser und verschloß sie an dem einen Ende mit einer beweglichen Platte, vor der er ein Kartenblatt einschob. Auf dieses Kartenblatt, welches vorher mit Gummi oder Dextrin überzogen worden war, trug er mit einer Spatel eine dünne Schicht feuchtes Chlorsilber auf. Die auf diese Weise zubereitete Röhre kehrte er gegen das Objekt, dessen Bild er daguerreotypieren wollte und zählte, wie lange Zeit das Chlorsilber braucht, um eine schiefergraue Farbe anzunehmen (Comptes rendus 1840, I, Nr. 21; Dingler, Polyt. Journ., Bd. 77, S. 160); die Röhre kann auch gegen die matte Scheibe gerichtet werden.

Ohne Zweifel kann jedes Photometer an Stelle der matten Scheibe angebracht und die Helligkeit daselbst ermittelt werden. Man beachte aber die Schwierigkeit, welche sich bietet, daß das Bild in den seltensten Fällen gleichmäßig hell ist und es demnach nicht gleichgültig ist, an welchem Punkte das Photometer sich befindet; ferner ist es theoretisch nicht zu vergessen, daß z. B. ein Chlorsilber-Photometer kein absolut genaues Maß für Bromsilbergelatine bietet, wenn auch die Differenz praktisch zu vernachlässigen sein dürfte.

Papiere mit Bromsilber- oder Chlorsilbergelatine überzogen und in Rollkassetten in der Kamera hinter einem Skalenphotometer exponiert, dann mit Eisenoxalat oder Zitrat usw. entwickelt, dürften photometrisch gut verwertbar sein. Bereits in der vorigen Auflage dieses Werkes machte der Verfasser aufmerksam, daß man auch die gleichzeitige Belichtung und Entwicklung photographischer Papiere, welche mit der Entwicklerflüssigkeit vor dem Belichten getränkt sind, in der Kamera vornehmen könnte.

4. Anwendung phosphoreszierender Substanzen in der Photometrie.

Das Phosphoreszenz-Photometer. Warnerke[1]) versuchte phosphoreszierende Substanzen zur Photometrie zu verwenden. Er schloß phosphoreszierende Farbe (Schwefelkalzium, Balmainsche Leuchtfarbe) zwischen zwei Glasplatten ein und exponierte diese in einer verschließbaren Büchse durch einige Sekunden dem Lichte; die bestrahlte Stelle wird leuchtend und zwar um so mehr, je intensiver das einwirkende Licht war. Nun wird die Helligkeit der phosphoreszierenden Fläche durch eine Schicht von steigender Undurchsichtigkeit (nach Art der Skalenphotometer) mittels einer Lupe gemessen. Die Intensität der phosphoreszierenden Fläche nimmt nach der Bestrahlung rasch ab; man liest deshalb nach einer bestimmten Zeit (z. B. 30 bis 60 Sekunden) ab. Das Phosphoreszenz-Photometer gibt die Intensität der aktinischen Strahlen ziemlich gut an; es ist empfindlicher als irgend eines (siehe Fig. 71 bis 74).

Warnerke gab dem Instrument folgende Einrichtung: *A* ist eine kreisförmige Scheibe von $2^1/_2$ Zoll Durchmesser, auf welcher die phosphoreszierende Substanz zwischen zwei Glasplatten hermetisch eingeschlossen und auf einem hölzernen Träger befestigt ist. Das Messingrohr *B* mit der Scheidewand *C* wird über die Scheibe *A*

1) Phot. News 1880, S. 63; Phot. Corresp. 1880, S. 31.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

gestellt und ist in dem Holzteile der Scheibe C in der Weise befestigt, daß es gedreht werden kann. Die Scheidewand C hat eine kreisförmige Öffnung von $^1/_2$ Zoll Durchmesser. An dem Rohre B ist ein Deckel D befestigt, der ein kleines Vergrößerungsglas E trägt, ferner ein Zeiger G. Die Scheidewand C ist so eingerichtet, daß nur ein kleiner Teil der phosphoreszierenden Substanz bei jeder Beobachtung dem Lichte ausgesetzt wird. Der Zeiger G, welcher bei einer auf dem Rande der Scheibe A angebrachten Zahl steht, zeigt, welcher Teil der Scheibe erregt wurde. Das Messingrohr H ist im Innern des Rohres B eingepaßt und hat einen Boden J, der aus zwei Scheiben von dünnem Glas hergestellt ist, zwischen welche eine durchscheinende

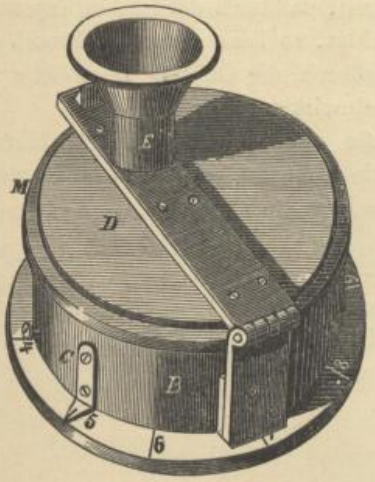


Fig. 71.

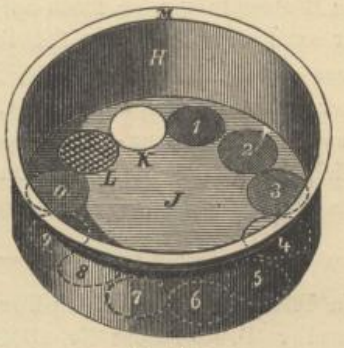


Fig. 72.

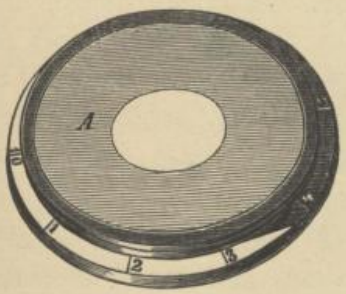


Fig. 73.

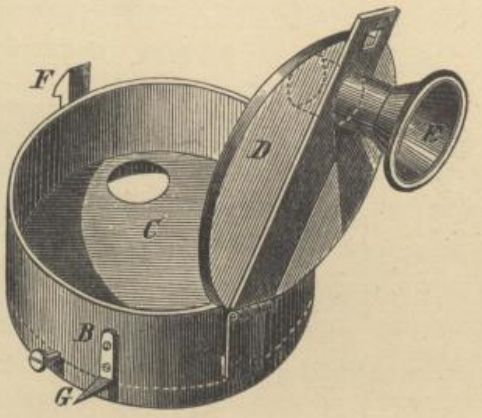


Fig. 74.

Warnerkes Phosphoreszenz-Aktinometer.

Substanz in solcher Weise verteilt wird, daß der Beobachter mit Hilfe des durchgelassenen Lichtes, welches durch eine Serie von kreisförmigen Scheiben von wachsender Undurchsichtigkeit tritt, eine helle Zahl in der Mitte eines dunklen Grundes sieht. Es sind 10 solche mit Zahlen versehene Scheiben angebracht, L und K tragen keine Zahlen. L ist mit einer Substanz von grüner Farbe geschlossen, K ist vollkommen durchsichtig und farblos. Fig. 71 stellt das vollständige Aktinometer vor.

Beim Gebrauche wird der Deckel D geöffnet. Das Rohr H, welches leicht mit Hilfe des bevorstehenden Randes M gedreht werden kann, wird so gestellt, daß der kreisförmige Ausschnitt K genau über die Öffnung in der Scheidewand C zu stehen kommt. Das Licht kann nunmehr frei auf die phosphoreszierende Substanz einwirken. Nach der Exposition wird der Deckel D geschlossen, der Trichter E des Fernrohres so weit als möglich dem Auge genähert und mittels des hervorstehenden Ringes M

das Rohr H gedreht; die aufeinanderfolgenden Nummern werden durch das Fernrohr wahrgenommen werden, jedoch mit stets abnehmender Intensität, bis zuletzt eine Nummer erreicht wird, die nicht mehr wahrgenommen werden kann. Die zuletzt wahrgenommene Nummer gibt selbstverständlich die Intensität des Lichtes an. Soll die nächste Beobachtung angestellt werden, so ist mit Rücksicht auf die mögliche Fortdauer des Leuchtens an der früher verwendeten Stelle vorzuziehen, einen anderen Teil der Fläche zu verwenden und zu diesem Ende wird die Holzscheibe so lange gedreht, bis der Zeiger G bei der nächsten an derselben angebrachten Nummer steht. Zehn Expositionen können in der angedeuteten Weise nacheinander stattfinden. Wenn jedoch die Beobachtungen so rasch aufeinander folgen, daß nach der letzten Exposition die zuerst exponierte Stelle der Scheibe noch leuchtet, so kann man zum Prozeß des Auslöschens seine Zuflucht nehmen, indem man durch die Öffnung L, welche mit rotem oder grünem Glase bedeckt ist, das Licht einwirken läßt.

Das Phosphoreszenz-Photometer fand trotz seiner sinnreichen Ausführung keinen Eingang in die Praxis. Zum Teil ist die Schwierigkeit, sich gleichmäßig phosphoreszierende Substanzen zu verschaffen, die Ursache davon.

Ein Photometer mit phosphoreszierenden Substanzen konstruierte auch Hoffsümmer (D. R.-Patent Nr. 130964; Eders Jahrb. f. Phot. 1903, S. 457).

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

ACHTES KAPITEL.

PHOTOMETRIE MITTELS PHOTOGRAPHISCHER SCHICHTEN.

Mit Vorliebe werden diverse lichtempfindliche Papiere in den verschiedensten Anwendungsarten zur Photometrie des bei photographischen Prozessen in Betracht kommenden Lichtes benutzt, wobei man entweder den Beginn der photographischen Veränderung (den Schwellenwert) und die hierfür notwendige Belichtungszeit beobachtet (z. B. Beginn der Schwärzung eines Chlorsilberpapieres in einem Skalenphotometer) oder man läßt die photographische Schwärzung (Färbung) eines lichtempfindlichen photographischen Papieres bis zu einer gewissen Farbe vorschreiten und beobachtet die hierfür erforderliche Belichtungszeit. Unter Benutzung der Reziprozitätsregel (s. S. 75) läßt sich je nach der Versuchsanordnung ein Rückschluß auf die wirkende Lichtstärke bei Benutzung von photographischen Papieren konstanter Empfindlichkeit (photographische Normalpapiere) machen oder andererseits bei Verwendung konstanter Lichtquellen die relative Lichtempfindlichkeit photographischer Schichten ermitteln. Diese Anwendung der photometrischen Prinzipien zur Empfindlichkeitsmessung photographischer Präparate nennt man Sensitometrie.

Obwohl Photometer, Aktinometer und Sensitometer prinzipiell nicht verschieden sind, wollen wir sie, den praktischen Anforderungen der Photographie entsprechend, dennoch in getrennten Abschnitten besprechen.

I. Normalfarbenphotometer.

Bei den sog. Normalfarbenphotometern wird gesilbertes Papier (Chlor- oder Bromsilber) dem Lichte bis zur Erreichung einer gewissen Normalfärbung (eines bestimmten Schwärzungsgrades) ausgesetzt und die hierzu erforderliche Belichtungszeit bestimmt.

Kurz nach der Erfindung der Daguerreotypie suchte man die Intensität des Tageslichtes und die davon abhängige Expositionszeit durch die Schwärzung von Chlorsilberpapier zu bestimmen.

Nach diesem Prinzip versuchten Jordan (1839), Malagutti (1839)[1]), Hunt (1845), Herschel[2]), Claudet[3]) u. a. mittels der Schwärzung photographischer Papiere die chemische Lichtwirkung zu messen.

Heeren gab im Jahre 1844[4]) eine Methode zur Messung der Lichtstärke behufs photographischer Versuche an, bei welcher er die Schwärzung des Chlorsilberpapieres im Lichte mit einer grauen Unterlage vergleicht. Aus der Zeit, welche nötig ist, um diesem Papiere eine bestimmte Färbung mitzuteilen, bestimmte er die zur Erzeugung photographischer Eindrücke nötige Zeit, indem durch Versuche ermittelt werden kann, wie sich die Zeiten zueinander verhalten.

Das Chlorsilberpapier stellte sich Heeren durch aufeinanderfolgendes Baden von Papier mit Silbernitrat (1 : 5) und gesättigter Chlornatriumlösung und schließlichem Waschen und Trocknen her. (Das Chlorsilber war somit mit überschüssigem Chlornatrium hergestellt.) Dieses Papier benutzte er, um aus dessen Färbung, verglichen mit einer grau gemalten, dem Farbentone nach durch einen Versuch ermittelten Unterlage, auf die Zeitdauer der in der Kamera nötigen Beleuchtung der Daguerreotypplatten zu schließen[5]).

Dieses Prinzip wollte auch Schall (1853) verwerten, indem er eine Skala anfertigte, welche die Färbungen enthält, welche die verschiedenen Nuancen der Wirkung des Sonnenlichtes gaben; mit dieser sollte dann die in einem bestimmten Falle entstehende Färbung durch das Sonnenlicht verglichen werden[6]).

Alle auf ein solches Prinzip gegründeten Instrumente mußten zu völlig illusorischen Resultaten führen, so lange es nicht gelungen war, eine photographische Schicht von stets gleicher Empfindlichkeit herzustellen und eine gesetzmäßige Abhängigkeit der Schwärzung von der Expositionszeit und Lichtstärke aufzufinden.

Diese Aufgabe lösten Bunsen und Roscoë 1862 durch ihre Untersuchungen, welche für alle derartigen Photometer fundamental sind und deshalb hier ausführlich mitgeteilt werden[7]).

Die Messung der Lichtwirkung, welche sich auf eine Schätzung verschiedener Schwärzungen von Chlorsilberpapier stützt, wurde von Bunsen und Roscoë nicht weiter ins Auge gefaßt, weil es sich zeigte, daß zwischen der wirkenden Lichtintensität und den dadurch in gleicher Zeit erzeugten Schwärzungen keine Proportionalität besteht. So waren z. B. für die Lichtmengen 5 und 1 die entsprechenden

---

1) Annal. de chim. et de phys. (2.) Bd. 72, S. 5.

2) Philos. Transact. 1840, S. 46.

3) London. Philos. Magaz. (3.) Bd. 33, S. 329.

4) Poggend. Ann. Bd. 64, S. 309; Dinglers Journ. Bd. 93, S. 47 u. Bd. 96, S. 26.

5) Heeren polemisierte auch damals gegen Lipowitz, welcher 1844 die Lichtintensität für photographische Zwecke optisch bestimmen wollte (Pogg. Ann. Bd. 61, S. 140; Bd. 63, S. 348); der Streit entspann sich bezüglich des Messens der Lichtstärke durch die Öffnung der Pupille des Auges und durch Färbung von Chlorsilber.

6) Cosmos III, 487.

7) Poggend. Ann. Bd. 117, S. 529.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Schwärzungen 0,50 und 0,22[1]). Man kann bei äußerst schwachen Schwärzungen der photographischen Schicht noch sehr kleine Unterschiede in der Schwärzung durch das Auge wahrnehmen, bei intensiven Schwärzungen ist dagegen eine solche Schätzung unmöglich.

Der Satz, daß gleiche Produkte von Lichtintensität und Insolationsdauer gleichen Schwärzungen entsprechen, war von Malagutti[2]) vor längerer Zeit hypothetisch ausgesprochen worden; innerhalb der engen Grenzen einer von 1 bis $2^1/_2$ wechselnden Lichtstärke wurde er 1862 von Hankel[3]) annähernd richtig befunden.

Bunsen und Roscoë stellten durch sehr genaue Versuche fest, daß 1. innerhalb sehr weiter Grenzen (Schwankung der Intensität um das 25fache) gleichen Produkten aus Lichtintensität und Insolationsdauer gleiche Schwärzungen auf Chlorsilberpapier von gleicher Sensibilität entsprechen; 2. beim Schwärzen von Chlorsilberpapier photochemische Induktionen (s. S. 101) keinen störenden Einfluß ausüben; 3. ein Gemenge von 1000 Teilen reinem Zinkoxyd mit 1 Teil reinem Lampenruß eine konstante unveränderliche Farbennuance, die als Normalfärbung benutzt werden kann, gibt[4]).

Zur Herstellung des Bunsen und Roscoëschen Normalpapieres werden 300 g reines Kochsalz in 10 Liter Wasser gelöst und in eine Tasse gegossen. In diese Lösung senkt man die an zwei diametralen Flächen mit der Hand herabhängend gehaltenen 0,3 qm großen Papierbogen unter die Flüssigkeit völlig ein. Nach 5 Minuten langem Verweilen in der Flüssigkeit wird der Bogen herausgenommen und vertikal herabhängend getrocknet. Die angewandten 10 Liter reichen hin, um 70 solche Papierbogen von 0,3 qm Oberfläche nacheinander oder zu verschiedenen Zeiten zu präparieren. Das also bereitete Papier kann Monate lang aufbewahrt werden, ohne seine Anwendbarkeit zu verlieren.

---

1) Zur Messung des Grades der Schwärzung diente eine rotierende Scheibe mit schwarzen und weißen Sektoren, deren Verhältnis zueinander beliebig verändert werden konnte. Indem man $^1/_{10}$, $^2/_{10}$, $^3/_{10}$ usw. der Scheibenoberfläche aus schwarzen Sektoren bestehen läßt, erhält man die entsprechenden Schwärzungen $^1/_{10}$, $^2/_{10}$, $^3/_{10}$ usw. auf der in Rotation versetzten Scheibe, deren mittlerer Teil mit dem zu vergleichenden, durch die Lichtwirkung veränderten Papiere ausgefüllt war.

2) Ann. de chim. et de phys. 62, 5.

3) Messungen über die Absorption der chemischen Strahlen des Sonnenlichtes. Abhandl. d. k. sächsischen Gesellsch. d. Wissensch. Leipzig (1862).

4) Der Lampenruß wurde dadurch erhalten, daß man eine Terpentinöllampe unter einer großen mit Wasser kalt gehaltenen Porzellanschale brennen ließ und den abgesetzten Ruß in einem bedeckten Platintiegel 5 Minuten lang zur Rotglut erhitzte. Als Bindemittel wurde Wasser verwendet, in dem ungefähr $^8/_{1000}$ Hausenblase gelöst waren. Die Mischung wurde 1 Stunde lang auf dem Reibstein gerieben.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Die Silberung geschieht unter den beim Photographieren üblichen Vorsichtsmaßregeln, nachdem der 0,3 qm große Bogen in vier gleiche Teile zerschnitten ist, in einem passenden Glasgefäß mit flachem Boden, worin sich eine Lösung von 120 g salpetersaurem Silberoxyd in 1 Liter Wasser befindet. Die Zeit, während welcher das Papier auf der Oberfläche des Silberbades schwimmend erhalten wird, beträgt 2 Minuten. Der angewandte Liter Silberbad reicht aus, um 500 jener zerschnittenen Blätter zu silbern, wodurch die Flüssigkeit ungefähr auf die Hälfte ihres Volumens verringert wird. Dieses Normalpapier kann nach dem Trocknen an der Luft 15 bis 24 Stunden im Dunkeln aufbewahrt werden, ohne daß sich an demselben eine bemerkbare Änderung in der Lichtempfindlichkeit zeigt.

Eine Reihe von Versuchte ergibt, daß das nach dieser Vorschrift dargestellte photographische Normalpapier von hinlänglich gleichbleibender Lichtempfindlichkeit ist, um zu photochemischen Messungen dienen zu können.

Die Empfindlichkeit dieses Papieres bleibt unverändert, mag die Silberlösung 15 Sekunden oder 8 Minuten mit dem gesilberten Papier in Berührung gewesen sein. Ferner zeigt es sich, daß die Empfindlichkeit des Papieres unverändert dieselbe bleibt, mag man 8-, 10- oder 12prozentige Silberbäder anwenden, daß aber bei 6 Proz. schon die Grenze der Veränderlichkeit erreicht ist.

Bunsen und Roscoë aber fanden ferner, daß von einem 12prozentigen Silberbad $^2/_3$ der Lösung verbraucht werden können, ohne daß der Gehalt nur auf 8 Proz. sinkt. Aus einer Silberlösung von der bezeichneten Stärke nimmt 1 qdcm Papier höchstens 0,01 g Silbernitrat in Anspruch. Das alte Silberbad gibt ebenso empfindliche Papiere als frisches.

Mit steigendem Kochsalzgehalt steigt die Empfindlichkeit des Papieres fortwährend in raschem Maße. Um konstante Resultate zu erhalten, ist es daher nötig, eine Lösung von stets gleichem Kochsalzgehalt anzuwenden.

Die Dicke weißer, zum Photographieren tauglicher Papiere ist ohne Einfluß auf die Empfindlichkeit derselben. (Man verwendet 8 oder 10 kg Rivespapier.)

Die Unterschiede in den atmosphärischen Temperaturen und Feuchtigkeitsgraden sind auf die Lichtempfindlichkeit ohne Einfluß.

Zu ihren Versuchen bedienten sich Bunsen und Roscoë des sog. Pendelapparates. Derselbe beruht darauf, daß ein durch ein Pendel bewegtes geschwärztes Glimmerblatt sich einseitig über einem unverrückbar befestigten, mit einer Millimeterskala versehenen Streifen photographischen Chlorsilberpapieres verschiebt, so daß die

verschiedenen Vertikalzonen des letzteren der Einwirkung des Lichtes durch sehr verschiedene Zeiträume ausgesetzt bleiben. Es entsteht so eine Skala von verschiedenen Graden der Schwärzung, mit denen sich andere, durch gesonderte Bestrahlung geschwärzte Flächen in einem dunklen Zimmer bei dem chemisch unwirksamen Licht einer hellen Natronflamme vergleichen lassen.

Später vereinfachte Roscoë (1864)[1]) die Bunsen-Roscoësche photometrische Methode mittels des Pendelapparates, weil dieselbe äußerst zeitraubend und nur bei ruhigem Wetter ausführbar ist und beträchtliche Mengen von photographischem Papier erfordert. Roscoë benutzte nun den Pendelapparat nur mehr zur Herstellung der Normalskala.

Von zweien solcher Streifen wurde der eine fixiert und auf ein Brettchen mit Millimetereinteilung befestigt; mittels des zweiten unfixierten Streifens wurde, nachdem darauf die Stelle der Normalschwärze genau bestimmt worden war, der fixierte Streifen bezüglich der Stellen gleicher Schwärzung graduiert.

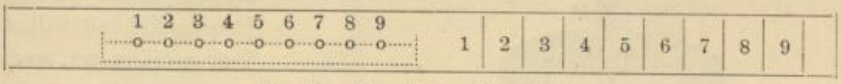


Fig. 75. Roscoës Insolationsband.

Die Beobachtungsmethode war auf diese Art sehr einfach geworden; jedem fixierten und graduierten Streifen wurde eine Tabelle beigegeben, welche den Wert der Schwärzung für jeden Millimeter Länge des Streifens in der Maßeinheit ausgedrückt angab. Insolierte man dann ein Stück photographisches Normalpapier während einer bekannten Anzahl von Sekunden, bis man eine Schwärzung erhielt, deren Intensität derjenigen irgend einer Stelle auf dem fixierten Streifen gleichkam und bestimmte man genau die Lage der Schwärzung bei dem Lichte einer Natronflamme, so fand man die Intensität des wirkenden Lichtes ausgedrückt in der Maßeinheit durch Division der Zahl, welche in der Intensitätstabelle der Stelle gleicher Schwärzung entsprach, durch die in Sekunden gegebene Insolationszeit.

Behufs Insolation und Ablesung bediente sich Roscoë der folgenden Methode:

Ein Stück photographisches Normalpapier von 100 mm Länge und 10 mm Breite wurde auf die Rückseite eines „Insolationsbandes“ (Fig. 75) mit Gummi in der Lage aufgeklebt, wie es die punktierten Linien in der Zeichnung andeuten, so also, daß die neun Löcher, jedes von 5 mm Durchmesser, die sich auf dem Insolationsbande in einer Entfernung von 10 mm befanden, je zur Hälfte durch das empfindliche Papier bedeckt wurden. Die Insolationsbänder wurden aus steifem Papiere vermittelst eines 400 mm langen und 35 mm breiten eisernen Lineals ausgeschnitten und dann die neun Öffnungen mit einem Locheisen, das in neun entsprechende Löcher des Lineals paßte, ausgestanzt; diese Öffnungen waren auf dem Insolationsbande numeriert und die Zahlen wiederholten sich in einer Entfernung von 87 mm von jedem Loche.

1) Poggend. Ann. Bd. 124, S. 353; Phot. Arch. 1865, S. 373.

Der Insolationsapparat (Fig. 76) bestand aus einer engen Messinglade A von 174 mm Länge und 40 mm Breite, offen an den zwei schmalen Seiten und gerade so weit, daß das Papierband B leicht hindurchgesteckt werden konnte. Eine kreisförmige Öffnung C von 10 mm Durchmesser war in der Mitte des oberen Bodens eingeschnitten, und zwar in der Lage, daß, wenn die Linie 1 auf dem Insolationsbande an dem einen Ende des Apparates sich befand, der Mittelpunkt der Öffnung 1 genau im Mittelpunkt der Öffnung C zu liegen kam. Ein dünner Messingstreifen E bewegte sich mit Leichtigkeit über den oberen Boden und schützte das sensible Papier vollständig vor Lichteinwirkung, wenn es sich gerade über der Öffnung C befand. Dieser Deckel E konnte mittels eines auf der Rückseite des Apparates angebrachten Knopfes leicht mit der Hand bewegt werden; wurde jedoch der Apparat der Bequemlichkeit halber auf den Träger G gesetzt, so diente der mit demselben verbundene Hebel F, welcher sich dem Knopfe anpaßte, dazu, die Öffnung C leicht und rasch zu öffnen und zu schließen.

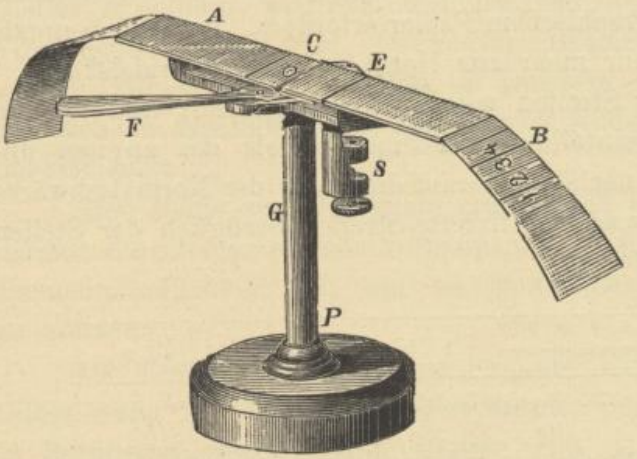


Fig. 76. Roscoës Insolationsapparat.

War die Intensität des Lichtes so groß, daß die Insolation höchstens 2 bis 3 Sekunden dauern durfte, so wäre der Fehler, welcher durch das Schließen und Öffnen der Öffnung gemacht worden wäre, zu beträchtlich gewesen. Um in diesem Falle durch längere Dauer der Insolation diesen Fehler zu verkleinern, wurde die Intensität des Lichtes in einem bestimmten Verhältnisse vermindert, indem eine kreisförmige, geschwärzte Metallscheibe (Fig. 77) mit zwei Segmentausschnitten von je $^1/_{12}$ ihrer Oberfläche, deren Achse in die Zapfenlager S (Fig. 76) paßte, in schnelle Rotation versetzt wurde. Da die Drehungsgeschwindigkeit keinen Einfluß auf das Resultat ausübt, wurde die Scheibe einfach mit der Hand zum Rotieren gebracht. Nach Beendigung einer jeden Belichtung konnten die übrigen Teile des Normalpapieres durch eine beliebige Zeit hindurch ebenso insoliert werden, indem man sie durch Verschieben des Insolationsbandes unter die Öffnung C (Fig. 76) brachte.

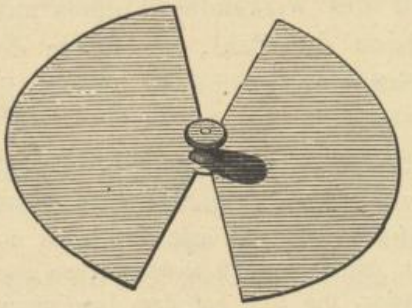


Fig. 77. Rotierende Scheibe des Insolators.

Das zum Ablesen verwendete Instrument ist durch Fig. 78 dargestellt. Es bestand aus einer Messingtrommel M von 60 mm Durchmesser und 37 mm Breite, auf dessen Zylinderfläche ein Stück weißes Papier befestigt war, worauf der fixierte Streifen geklebt wurde. Der Rand des Zylinders war in Millimeter geteilt und das dunkle Ende des Streifens traf mit dem Anfange der Skala zusammen. Die Trommel drehte sich um eine horizontale Achse O, welche an eine vertikale, kreisförmige Scheibe N befestigt war. Trommel und Scheibe waren auf einem Pfeiler mit dem Fuß P befestigt.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Das Insolationsband wurde mit Hilfe zweier Schraubenklemmen QQ_1 gegen den graduierten Streifen gepreßt; die Klemmen waren 133 mm voneinander entfernt an der vertikalen Scheibe N befestigt. Drehte man die Trommel um ihre Achse, so passierten die verschiedenen Schwärzungen des Streifens jedes der Löcher des Insolationsbandes und man konnte beim Lichte der Natronflamme[1]) die Lage der Punkte auf den Streifen, welche gleiche Schwärzungen mit jedem der insolierten Blättchen besaßen, bestimmen. Die Linse R, welche an dem Messingpfeiler des Instrumentes befestigt war, diente zur Konzentration des Lichtes der Flamme auf die kleine Fläche, welche untersucht wurde.

Nach der eben beschriebenen Methode wurden von August 1863 bis September 1864 eine Reihe Beobachtungen gemacht; die Resultate derselben sind in der oben zitierten Abhandlung in Tabellen zusammengestellt und auch graphisch dargestellt

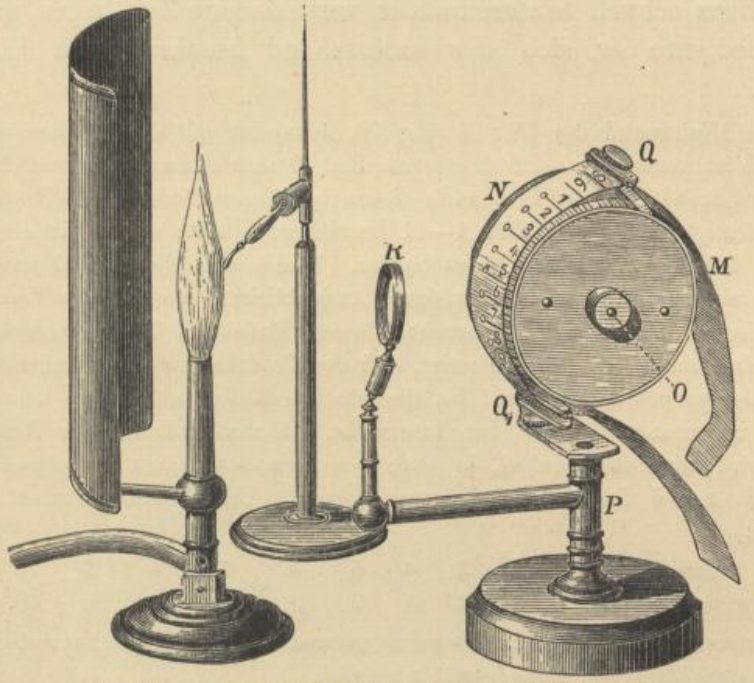


Fig. 78. Ablesung des Schwärzungsgrades bei Natriumlicht.

worden. Die graphische Darstellung benutzte Roscoë, um durch eine einfache und praktische Integrationsmethode die mittlere chemische Lichtintensität eines Tages zu bestimmen. Es wurden nämlich die Kurven auf steifes, sehr gleichförmiges Papier gezeichnet, ausgeschnitten und das Gewicht des Stückes Papier, das zwischen Kurve und Basis lag, bestimmt. Zwischen 4 und 5 Kurven wurde ein Stück von bestimmter Größe ausgeschnitten, um Veränderungen im Gewichte, welche in einer Ungleichförmigkeit des Papieres ihren Grund hatten, zu ermitteln und darnach notwendige Korrekturen anzubringen.

---

1) Die Natronflamme wird erhalten, indem man Natriumkarbonat, welches am Platindrahte angeschmolzen ist, im Bunsenbrenner glüht, oder wenn kein Gas zur Disposition steht, den Docht und die Füllung einer Weingeistlampe mit Chlornatrium tränkt.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Die oben mitgeteilte Methode zur Messung der Lichtintensität nimmt viel Zeit und Mühe in Anspruch, indem die Beobachtungen wenigstens jede Stunde wiederholt werden müssen, um eine zufriedenstellende Kurve der Tageswirkung zu geben. Roscoë[1]) modifizierte (1874) deshalb dieselbe derart, daß, ohne die Genauigkeit der Beobachtung zu verringern, die Arbeit auf ein Minimum reduziert wurde.

Da, wie bekannt, die chemische Intensität an verschiedenen Orten und zu verschiedenen Zeiten großen Veränderungen unterworfen ist, so ist es nötig, daß behufs scharfer Bestimmung der chemischen Wirkung das Papier innerhalb bestimmter Grenzen stets eine gewisse Schwärze erhalte. Dies erzielte Roscoë dadurch, daß er verschiedene Punkte des Streifens schnell hintereinander verschiedene Zeitlängen exponierte; hierzu bediente er sich der nachstehend beschriebenen Einrichtung (Fig. 79).

Das Minutenrad der Uhr *A* (Fig. 79, links) ist mit drei Rädern (*BCD*) der Reihe nach so verbunden, daß das letzte Rad *D* sich einmal alle zwei Minuten um seine Achse dreht. An der Peripherie dieses metallenen Rades sind elf starke Platinnadeln befestigt (mit den Zahlen 1—11 bezeichnet). Jede dieser Nadeln ragt etwa 3 mm aus der Oberfläche des Rades hervor. Wenn sich dieses Rad umdreht, wird der Reihe nach jede dieser Nadeln einen Augenblick in metallische Verbindung mit dem elastischen Metallarm *E* gebracht, dessen Ende mit Platin bedeckt ist. Die Platinnadeln sind so am Rade befestigt, daß der Kontakt nur einen Augenblick dauert, dann wieder unterbrochen wird, bis die nächste Nadel in Position kommt. Dieses geschieht im ganzen 11 mal. Die Intervalle, während welcher der Kontakt unterbrochen wird, sind verschieden, je nach den Zwischenräumen zwischen den Platinnadeln. Roscoë fand für England folgende Unterbrechungszeiten am zweckmäßigsten:

Intervall:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Sekunden:	2	3	4	5	7	10	12	17	20	30.

Für andere Orte, wo die Intensität entweder viel größer oder viel geringer ist, müßten andere Zwischenräume gewählt werden.

Während das Rad im Kontakt mit dem elastischen Arm *E* ist, geht ein Strom, von mehreren Zellen einer kräftigen Batterie (Fig. 79, Mitte), durch einen zweiten elastischen Arm *F* und durch Drähte, welche die Uhr mit dem Insolationsapparat (Fig. 79, rechts) verbinden. Sobald der Kontakt bei *E* unterbrochen wird, wird dieser Strom ebenfalls unterbrochen. Das Papier von konstanter Empfindlichkeit wird in lange und schmale Streifen zerschnitten; die Länge von zirka 3 m muß für einen Tag genügend sein. Dieser Papierstreifen wird über die Rolle *B* (Fig. 79, rechts) gewunden, von welcher er über das leichte Metallrad *W*, dessen Durchmesser etwa 15 cm beträgt, geht. Ein Ende des Papierstreifens ist an diesem Rade befestigt. Das Hemmrad *F* wird durch eine Feder *E* in Bewegung gesetzt und hat eine gemeinschaftliche Achse mit dem Rade *W*. Die Hemmung *E* ist in Verbindung mit einem Eisenstück *K*, welches sich nahe an einem Elektromagnet *M* befindet; um diesen Elektromagnet

1) Poggend. Annal. f. Phys. u. Chem. Bd. 151, S. 268.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

geht ein Strom, sobald die metallische Verbindung bei E (Fig. 79, links) hergestellt ist.

Geht ein Strom um den Elektromagnet, so wird das Eisenstück K angezogen, die Hemmung E wird nun frei und das Rad mit dem Papier um eine Strecke bewegt, die von der Anzahl der Zähne des Rades F abhängt. Sobald der Strom unterbrochen wird, wird das Eisenstück mittels einer Spiralfeder S in die ursprüngliche Position zurückgebracht. Wenn das Minutenrad A der Uhr an einen bestimmten Punkt kommt, drückt eine auf ihm befindliche Nadel h gegen das lange Ende eines Hebels L; dieser Hebel drückt den elastischen Arm E herab. Die Platinnadeln des Rades D drücken nun gegen den Arm E und der Strom wird in den gegebenen Zwischenräumen hergestellt und unterbrochen. Das empfindliche Papier wird dadurch nach bestimmten Zwischenräumen um eine Entfernung vorwärts bewegt, die genügt, um einen frischen Teil desselben unter die kreisförmige Öffnung (4 mm Durchmesser) zu bringen. Auf diese Weise wird während einer Umdrehung des Rades D das empfindliche Papier in fortschreitenden, bis zu 80 Sekunden reichenden Zeitlängen exponiert. Die feste Nadel h des Minutenrades hat sich während dieser Zeit so weit vorwärts bewegt, daß sie nicht mehr gegen das gebogene und dicke Ende des Hebels L drückt und das Ende des elastischen Armes E wird durch die isolierte Spiralfeder S zurückgezogen. Der Arm bleibt nun in dieser Position, bis eine Stunde verflossen ist, worauf er wieder heruntergepreßt und mit den Platinnadeln in Verbindung gebracht wird. Während dieser Stunde wird eine Papierscheibe exponiert und dadurch stark geschwärzt. Wird im Laufe des Tages eine dieser schwarzen Scheiben markiert, so kann man dadurch auf die Stunden schließen, in welchen die verschiedenen Expositionen stattgefunden haben.

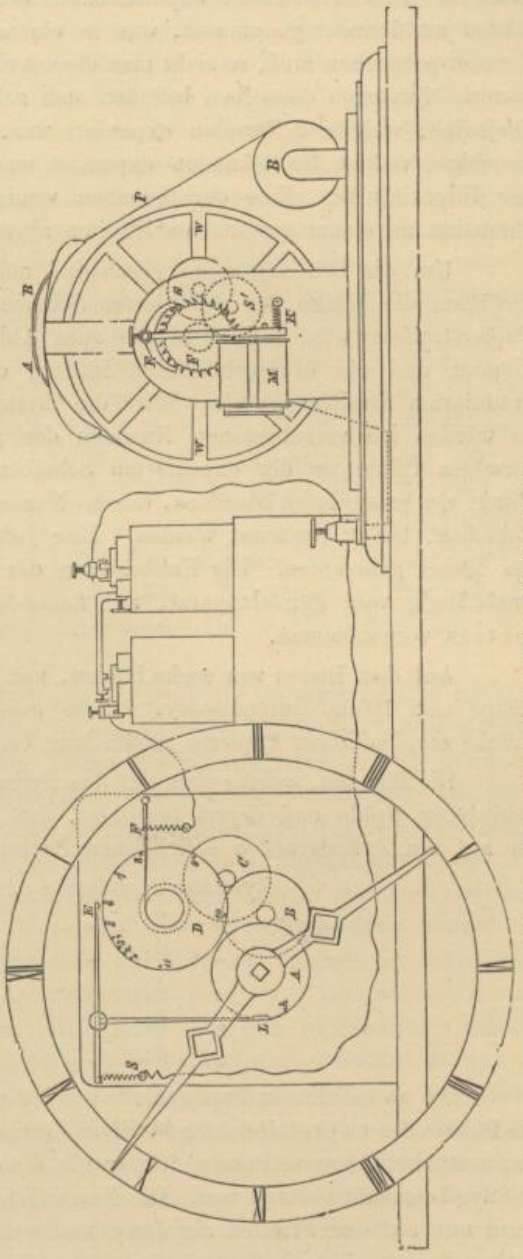


Fig. 79. Apparat zur Messung der Lichtintensität.

Ist der Apparat in Gebrauch, so wird er durch einen leichten metallischen, geschwärzten Deckel geschützt. Auf diesem Deckel befindet sich eine Metallplatte mit einer kreisförmigen Öffnung (4 mm Durchmesser), deren Rand sorgfältig abge-

rundet ist. Eine Stahlfeder AB (Fig. 79, rechts), über welche der empfindliche Papierstreifen geführt wird, drückt denselben gegen die horizontale Metallplatte, so daß die exponierte Papierscheibe dicht unter der Öffnung der Metallplatte liegt. Um das Papier und den Apparat während des Regens trocken zu halten, wird derselbe mit einer Glaskuppe bedeckt. Der Verlust an Licht, welcher durch das Glas bedingt wird, muß für jedes Instrument experimentell bestimmt werden. Wird der Apparat am Abend auseinander genommen, was in einem durch eine Natronflamme erleuchteten Zimmer geschehen muß, so sieht man die schwarzen Scheiben, die eine Stunde exponiert waren. Zwischen denselben befinden sich zehn Scheiben von verschiedenen Nuancen. Diejenige, welche 2 Stunden exponiert war, ist vielleicht kaum sichtbar, während diejenige, welche 30 Sekunden exponiert war, vielleicht zu dunkel zur Bestimmung der Intensität ist. Eine der Scheiben wenigstens muß eine Nuance haben, deren Intensität an einem graduierten Streifen abgelesen werden kann.

Um die Beobachtungen geschwind ablesen zu können, wird vermittelst eines Drückers die Hälfte der schattierten Scheiben herausgedrückt. Das eine Ende des Papierstreifens wird sodann in die zum Ablesen bestimmte Trommel (Fig. 78) geklemmt und die übriggebliebenen Hälften der gefärbten Scheiben dicht über die graduierten Streifen gepreßt. Wird die Trommel um ihre horizontale Achse gedreht, so werden die verschiedenen Nuancen der graduierten Streifen an den halbkreisförmigen Öffnungen der exponierten Scheiben vorbeigeführt und es kann somit der Punkt des graduierten Streifens, dessen Nuance identisch ist mit einer der schattierten Scheiben, leicht bestimmt werden. Eine jede Nuance wird zehnmal abgelesen und das Mittel genommen. Die Kalibrierung der fixierten Streifen wurde von Roscoë, unabhängig vom Pendelapparat, auf folgende Weise mittels eines Röhrenphotometers vorgenommen.

Auf dem Boden von sechs hohlen, mit Blenden versehenen Zylindern von 60 cm Länge und 10 cm Durchmesser, welche gegen den Zenit gerichtet waren, wurden Stücke empfindlichen Papieres gleich lang belichtet.

Die Blenden, welche oben auf den Zylindern aufgesetzt wurden, waren von verschiedener Größe und derart bestimmt, daß die relative Lichtintensität, welche auf die auf den Zylinderböden befindlichen Papiere wirkt, die folgende war:

Zylinder	1:	relative	Lichtintensität	1,00
„	2:	„	„	2,32
„	3:	„	„	4,00
„	4:	„	„	6,13
„	5:	„	„	8,72
„	6:	„	„	11,95.

Die so belichteten Papierstücke wurden nun in ein dunkles Zimmer gebracht und die Punkte des zu graduierenden Streifens bestimmt, deren Nuance mit den verschiedenen Papierstücken übereinstimmte. So wurde eine Anzahl von Punkten gefunden, deren relative Intensität bekannt war. Die Normalschwärzung (die der Intensität 1 entspricht) ward nun auf dem Streifen abgelesen und wenn der betreffende Punkt mit einem der vorher fixierten übereinstimmte, so wurden die mit den gefundenen Punkten korrespondierenden Intensitäten leicht gefunden. Mehrere Experimente mit den Zylindern wurden für jeden zu kalibrierenden Streifen gemacht, und da im allgemeinen die Intensität des Tageslichtes bei den verschiedenen Experimenten verschieden war, wurde eine große Anzahl von Punkten gefunden, unter denen einer ziemlich genau mit der Normalschwärze übereinstimmen mußte.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Die chemische Wirkung des totalen Tageslichtes wird mit diesem Instrumente, gemäß Roscoës Methode, durch ein dem Lichte ausgesetztes Stück empfindlich gemachten Papieres für einen bestimmten Zeitraum in jeder Stunde gemessen. Um dies zu bewerkstelligen, ist das empfindliche Papier um eine Trommel, welche sich um eine horizontale Achse dreht, gewickelt, und das tragende Gestell kann außerdem parallel dieser Achse verschoben werden. Ein mit einer Öffnung versehenes Stück Messingblech ist so über der Trommel befestigt, daß es leicht auf die Trommeloberfläche drückt, so daß nur immer ein kleines Stück des Papieres dem Tageslichte unter der Öffnung ausgesetzt ist, während der Rest des Papieres in Dunkelheit verbleibt. Aus der horizontalen Bewegung des Gestelles und der Drehung der Trommel ist leicht zu ersehen, daß jeder Teil des empfindlichen Papieres dann beliebig dem Tageslichte ausgesetzt werden kann. Nehmen wir an, unser Instrument arbeite, so hat das Gestell, welches die Trommel trägt, eine langsam kontinuierliche horizontale Bewegung, parallel ihrer Achse, die Trommel nimmt an dieser Bewegung teil, aber dreht sich während der Stunde nicht; aber mit dem Glockenschlage der vollendeten Stunde dreht sie sich plötzlich etwas, so daß ein frisches Stückchen Papier unter der Öffnung dem Lichte bloßgestellt ist. Nach zwei Sekunden erfolgt wiederum plötzlich eine Drehung wie bevor, so daß dieses Stück Papier zwei Sekunden dem Lichte ausgesetzt war. In derselben Weise werden frische Stücke Papier für 2, 4, 6, 10, 20, 40 und 90 Sekunden ausgesetzt, nach dieser Zeit dreht sich die Trommel nicht mehr bis zur nächsten vollendeten Stunde, wo sich der Vorgang in gleicher Weise wiederholt. Folglich wird hier ein Stück Papier 57 Minuten dem Lichte ausgesetzt und ist dann unbrauchbar geworden wegen der langen Dauer seiner Insolation. Hat nun eine vollständige Umdrehung stattgefunden, so wird durch die horizontale Bewegung der Trommel eine frische Stelle des Papieres dem Tageslichte ausgesetzt. Der Mechanismus dieser horizontalen Bewegung ist nun folgender.

An der Walze einer Uhr, d. h. derjenigen Walze, um welche die Kette mit dem sie treibenden Gewichte aufgewickelt ist, ist ein Getriebe befestigt. Dieses Getriebe greift in ein Zahnrad, welches auf einer kleineren Walze angebracht ist. Wird nun die Uhr aufgezogen, so dreht sich dieser kleine Zylinder und windet dabei ein Stück Kette auf, und indem das Uhrgewicht wieder herabgeht, dreht sich diese kleine Trommel in der entgegengesetzten Richtung und die Kette wird sich langsam abwinden. Das andere Ende dieser Kette ist auf dem Rahmen befestigt, welcher die Trommel trägt und welcher horizontal gleiten kann. Wenn auf diese Weise die Kette immer von außen in Spannung gehalten wird, wird sich die Trommel langsam in horizontaler Richtung bewegen, und wenn die Uhr aufgezogen wird, wird sie wieder in ihre ursprüngliche Lage zurückgekehrt sein. Die Kette wird nun in Spannung gehalten durch eine Darmsaite, welche auf der anderen Seite des Rahmens befestigt ist und von hier über eine Rolle gehend durch ein Gewicht angespannt wird. Die horizontale Bewegung der Trommel ist so erklärt, es bleibt uns somit nur noch die Einrichtung der rotierenden Bewegung übrig, deren Mechanismus folgender ist (siehe Fig. 80).

A ist eine Triebwelle, welche das Bestreben hat, sich in der Richtung des Pfeiles zu drehen. Der Mechanismus dieser Bewegung ist in der Zeichnung nicht zu sehen, aber folgendermaßen arrangiert: Auf der Welle ist ein Getriebe, in welches ein Zahnrad eingreift; dieses Rad dreht sich vermittelst einer durch ein Gewicht in Spannung gehaltenen Schnur, welche um eine kleine auf der Achse des Rades befestigten Walze aufgewunden ist. *B* ist wieder ein Zahnrad, welches jedoch nicht auf der Welle *A* befestigt ist, sondern, indem es durch ein Hemmrad mit dem Triebwerk der Uhr in Verbindung steht, sich frei in der Richtung des Pfeiles einmal in drei

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Minuten um sich selbst dreht. Wie nun auf der Zeichnung zu sehen ist, ist auf der Welle *A* ein Arm *C*, welcher an seinem Ende einen Stift trägt, befestigt. Um diesen Stift kann sich ein Stück *E* drehen; ein Bolzen *F*, welcher auf der Seite von *E* hervorragt, ist so angebracht, daß er in die Zähne des Rades *B* einzugreifen vermag. Eine Feder *G* dient dazu, das Stück *E* zu drehen, so daß, wenn es nicht anderwärts verhütet ist, der Bolzen *F* sich zwischen die Zähne des Rades *B* einzwängt. Wie wir nun gesehen haben, dient die Welle *A* dazu, den Arm *C* zu tragen und mit sich zu führen; kommt sie nun in die Lage, wie gerade in der Zeichnung angegeben ist, so wird diese Drehung durch das gekrümmte Ende *H* des Hebels *HK* verhindert. Dieser Haken faßt das Ende von *E*, während fast zu gleicher Zeit das andere Ende von *E*, durch eine an der Seite von *C* hervorragende Hemmung *L*, den Arm *C* in der auf der Zeichnung angegebenen Lage festhält. In dieser Stellung kann nun der Bolzen *F* nicht in das Zahnrad *B* eingreifen. Das Gewicht, welches dazu dient, die Triebwelle *A* zu drehen, wird jetzt den Arm *C* in dieser Lage halten. Mit dem Glockenschlage der vollendeten Stunde wird nun der Haken aufgehoben, dadurch dem Stücke *E* freien

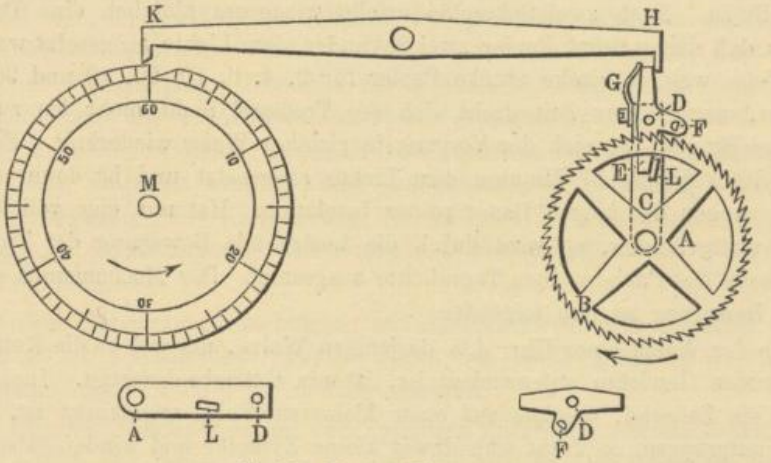


Fig. 80. Roscoës Photometer.

Spielraum gebend, jetzt wirkt die Feder *G* auf *E* ein, und der Bolzen *F* wird sich in die Zähne des Rades *B* einsenken. Dadurch wird aber die Welle *A* gezwungen, sich in demselben Verhältnisse zu drehen, wie das Zahnrad, welches, wie wir schon wissen, immer seine Umdrehung in drei Minuten vollzieht. Ehe nun der Arm *C* Zeit hat, wieder zu seiner ursprünglichen Lage herumzukommen, hat sich der Haken *H* wieder gesenkt, und das äußere Ende des Stückes *E* wird gegen ihn treffen, aber der Arm *C* wird noch ein kleines Stückchen weitergehen, bis das untere Ende von *E* gegen die Hemmung *L* anprallt. Durch diese kurze Bewegung wird aber der Bolzen *F* aus dem Zahnrad herausgeworfen und die Triebwelle *A* wird wieder festgehalten. So macht also die Welle *A* eine vollständige Umdrehung in drei Minuten, verharrt dann in ihrer Lage, um mit jeder nächsten vollendeten Stunde den Vorgang in gleicher Weise zu wiederholen. Die Art und Weise, wie nun die Drehung der Trommel reguliert wird, soll jetzt erklärt werden. Der Hebel *HK* dreht sich um seinen Mittelpunkt und sein Ende *K* ruht auf der Kante der Scheibe *M*. Diese Scheibe dreht sich einmal während einer Stunde und hat auf ihrer Kante einen Einschnitt, so daß nach einer Stunde das Ende *K* in diese Fuge einfällt und so das Ende *H* emporgehoben wird. Durch die schiefe Seite der Fuge wird *K* wieder aufgehoben, und so senkt sich *H*, ehe noch die

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

drei Minuten zu Ende sind, herab, dadurch den Arm *C* nach dieser Zeit in seiner ursprünglichen Lage festhaltend. Die Scheibe *M* ist in sechzig Grade eingeteilt und kann wie die Zeiger einer Uhr eingestellt werden, indem sie durch ein starres Gelenk mit der Stundenwelle verbunden ist; so kann die Stellung der Fuge in jeder Stunde auf das genaueste reguliert werden.

Um den Mechanismus etwas deutlicher zu machen, ist dieselbe Triebwelle *A* der Fig. 80 noch einmal in Fig. 81 ausführlicher dargestellt.

Das obige Instrument ist dem von Professor Roscoë in den „Philosophical Transactions for 1874" beschriebenen im Grunde gleich, eine von H. Darwin modifizierte Form desselben ist jetzt in South Kensington im Gange gewesen.

Die Einrichtung von H. Darwin gibt in einzelnen Punkten noch bessere Resultate als die ursprüngliche Form des Aktinometers, besonders bei Anwendung einer kleineren Quantität des empfindlichen Papieres. Sein Instrument wurde von Professor Roscoë geprüft und als ganz vorzüglich befunden.

Ed. Stelling[1]) (1874) in St. Petersburg führte nach Bunsen-Roscoës Methode eine größere Reihe photochemischer Messungen aus und publizierte deren Ergebnisse.

Das von Stelling angewendete Verfahren ist jenem, welches Roscoë 1874 publizierte, ziemlich analog, jedoch nicht ganz identisch, da ihm die Publikation Roscoës zu spät bekannt wurde.

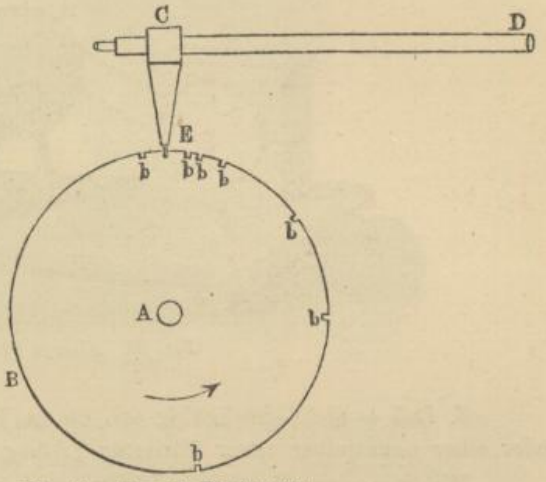


Fig. 81. Roscoës Photometer.

Er benutzte zu seinen Beobachtungen einen im Pendelphotometer insolierten und dann fixierten Streifen Normalpapier, nahm jedoch die Kalibrierung nicht mittels eines zweiten, ebenso belichteten, aber unfixierten Streifens vor, sondern verfuhr folgendermaßen: Er setzte in einem Handinsolator nach Roscoë (siehe Fig. 76) Streifen des Normalpapieres durch verschiedene, aber genau bestimmte Zeiten dem Tageslichte aus und wählte dann jene Streifen, bei welchen für gleiche Insolationsdauer am Anfange und am Ende der Versuchsreihe die Schwärzungen gleich waren, oder mit anderen Worten, bei deren Belichtung sich die Intensität des Tageslichtes nicht geändert hatte. Die so erhaltenen Schwärzungen wurden dann mit dem fixierten Streifen, auf welchem vorerst die Stelle der Normalschwärze[2]) bestimmt worden war, verglichen und die entsprechenden Schwärzungen auf jenem bestimmt.

Um nun diese Schwärzungen in allgemein vergleichbarem Maße auszudrücken, mußte die Intensität (J) bestimmt werden, welche während der jeweiligen Versuchsdauer (t) geherrscht hatte; sie ergab sich daraus, daß entweder irgend eine Schwärzung der Normalschwärze gleich war, oder die Normalschwärze zwischen zwei naheliegende

1) Repertorium der Meteorologie, herausgegeben von der k. Akademie der Wissenschaften, Bd. VI, Nr. 6 und Zeitschrift der österr. Gesellschaft für Meteorologie, Bd. XIV, S. 43.

2) Stelling erhielt von Roscoë selbst ein Blättchen mit Normalschwärze.

Schwärzungen fiel, wo dann die Insolationsdauer zur Erreichung der Normalschwärze durch Interpolation erhalten wurde.

Den kalibrierten Streifen befestigte Stelling auf Roscoës Ablesetrommel (Fig. 78). Bei seinen Versuchen machte Stelling einige Erfahrungen, welche, als für derartige Arbeiten wichtig, hier Erwähnung finden sollen. Stelling fand:

1. Daß auf die genaue Abschätzung gleicher Schwärzungen sowohl die Helligkeit der Natronflamme als auch die Richtung der auffallenden Strahlen von Einfluß sind; daß dieser Einfluß sich jedoch bei Vergleich der Töne, welche der Normalschwärze nahe kommen, weniger geltend macht.

Es empfiehlt sich daher einerseits, immer gleiche Salzperlen in der gleichmäßig erhaltenen Flamme des Bunsenbrenners zu verbrennen und die gegenseitige Lage der Flamme der Beleuchtungslinse und der Ablesetrommel immer unverändert beizubehalten, ferner andererseits jene Schwärzungen zu Intensitätsbestimmungen zu benutzen, welche nahe der Normalschwärze sich befinden.

2. Daß geringere oder größere Trockenheit und Alter des empfindlichen Papieres auf die Empfindlichkeit des letzteren keinen wesentlichen Einfluß ausüben.

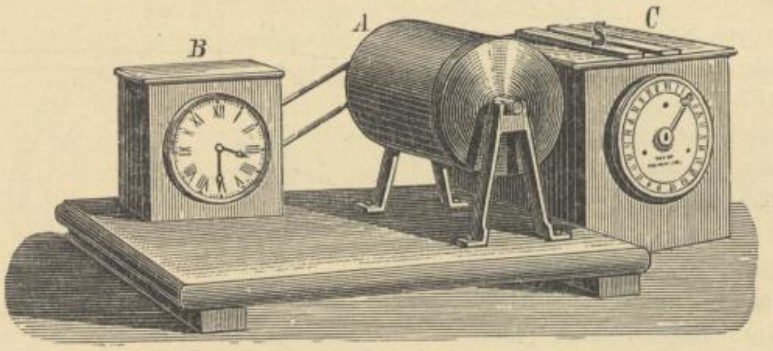


Fig. 82. Abneys Photometer.

3. Daß es nicht gleichgültig sei, ob das Papier auf einer nicht filtrierten Lösung oder einer unmittelbar zuvor filtrierten Lösung sensibilisiert wurde.

Wie aus seinen Versuchen erhellt, sind die vor der Filtration gesilberten Papiere unempfindlicher als jene, welche nach der Filtration gesilbert wurden und kann der Unterschied bis zu 10 Proz. betragen. Es empfiehlt sich daher, die Silberung unmittelbar nach der Filtration vorzunehmen.

Abney[1]) konstruierte 1876 ein selbstregistrierendes Photometer, ähnlich demjenigen Roscoës, welches aber, wie Abney selbst erklärte, Roscoës Instrument nicht verdrängen, sondern seiner leichteren Herstellungsweise und größeren Billigkeit halber für jedermann zugänglich sein sollte. Das kleine Instrument hatte die in der Fig. 82 skizzierte Form und bestand aus einem um die Achse drehbaren und mit dem empfindlichen Papiere überzogenen Zylinder A, welcher durch ein einfaches Uhrwerk B in 24 Stunden einmal um seine Achse gedreht wurde. Zu diesem Behufe war auf die Achse des Zylinders eine Rolle gesteckt, welche mittels eines Bandes mit der Trommel der Uhr verbunden war.

1) Phot. News. 1876, S. 242 u. f.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Die Belichtung des Papieres fand durch einen im Deckel des Überkastens C angebrachten engen Schlitz S statt, welcher mittels einer auf photographischem Wege erhaltenen abgetönten Skala bedeckt war. Entsprechend der Intensität des Lichtes fand auch die Schwärzung des Papieres in seiner Längenrichtung statt.

Zur Ablesung der erhaltenen Resultate wurde beim Lichte einer Natronflamme der Zylinder A aus seinen Lagern gehoben und in den Rotationsapparat (Fig. 83) eingeschaltet. Vermittelst der Scheibe D wurde nun der Zylinder A in so rasche Rotation versetzt (über 30 Umdrehungen in der Sekunde), daß die verschiedenen Töne, welche sich auf einer Leitlinie der Zylinderoberfläche befanden, je zu einem einzigen Mittelton integriert wurden. Durch den Spalt t des über dem rotierenden

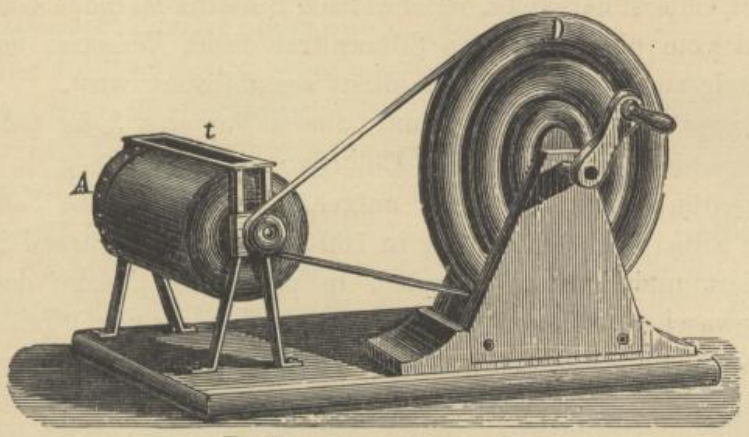


Fig. 83. Abneys Photometer.

Zylinder befindlichen Aufsatzes wurden nun die entstandenen Töne beobachtet und mit der Normalfarbe verglichen. Abney benutzte, um eventuelle Ablesungsfehler möglichst zu korrigieren, vier Normaltöne von bestimmtem Werte und nahm dann das Mittel aus den vier Ablesungen.

A. Larsen schlug vor, die Vergleichung der Schwärzung des Chlorsilberpapieres mit der Normalfarbe im durchfallenden Licht (mit einem optischen Photometer oder dergl.) zu messen und glaubte dadurch genaueres Resultat (?) zu bekommen (Eders Jahrb. f. Phot. 1902, S. 495).

Ähnliche, aber veraltete Normalfarbenphotometer gaben an: Poey[1]), Montagna[2]), welcher das Papier mittels eines Uhrwerks vorwärts schob. Garneris Photergimeter (Lichtwirkungsmesser) war Chlorsilberpapier, dessen Kopiergrad mit einer der verschiedenen Abstufungen der Normalskala übereinstimmen mußte; die Angaben wurden in Photergimetergraden gemacht[3]).

1) La Lumière 1863, S. 42.
2) Phot. Corr. 1873, S. 121.
3) Roth, Fortschr. 1868, S. 14.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Ein selbstregistrierendes Normalfarben-Photometer mit haltbar gesilbertem Chlorsilberpapier konstruierten Samec und Jencic (1910). Das sensible Papier wird mittels eines Uhrwerkes im Apparate vor einer Öffnung vorbeigezogen, durch welche Sonnenlicht und diffuses Licht fällt, während ein Stift an einer zweiten Öffnung Schatten wirft und hierbei nur diffuses Licht zur Wirkung kommt[1]).

II. Photographisches Normalpapier für Zwecke der Normalfarbenphotometrie nach Eder.

Das Bunsensche Normal-Chlorsilberpapier mit überschüssigem Silbernitrat hält sich nur einen Tag lang, was für systematische Lichtmessungen (namentlich bei Reisen) als großer Übelstand empfunden wird.

Der Verfasser benutzte deshalb als photographisches Normalpapier haltbares Chlorsilberpapier, welches nach Bunsens Methode sensibilisiert, aber dann vom überschüssigen Silbernitrat durch Waschen befreit und mit salpetrigsaurem Kali (Kaliumnitrit) sensibilisiert wird.

Es wird also zur Herstellung dieses Papieres 8 kg (oder 10 kg) Rives-Rohpapier 5 Minuten in Chlornatriumlösung (3 g in 100 ccm Wasser) getränkt, zum Trocknen aufgehängt, dann durch Schwimmenlassen auf Silbernitratlösung (12 g in 100 ccm Wasser) während 2 Minuten sensibilisiert und hierauf mehrfach in reichlicher Menge destilliertem Wasser gewaschen. Hierauf wird es in einer Lösung von 1 Teil salpetrigsaurem Kali (Kaliumnitrit) in 20 Teilen Wasser 5 Minuten lang gebadet und zum Trocknen aufgehängt. Das Papier nimmt ganz gut den Bunsenschen Normalfarbenton an, welchen man bekanntlich besonders sicher ablesen kann, wenn man ein gelbes Glas bei der Ablesung vor die Augen nimmt oder bei gelbem Natriumlicht abliest. Nuancen der Normalfarbe zeigen eine höhere Lichtintensität an. Die Untersuchungen der Lichtintensität in großen Seehöhen führt Maximilian Samec[2]) mit solchem Ederschen Normalpapier aus. Er stellte durch Vergleichsmessungen die Relation der Empfindlichkeit dieses Papieres mit Bunsenschem Normalpapier fest; sie betrug 0,7. Somit ist für die Normalfarbenphotometrie, bei der es sich um rasche Erzielung von schwach grauen Tönen handelt, das Nitritpapier gut verwendbar. Man ermittle experimentell die Empfindlichkeitsrelation gegenüber Bunsens Papier, und zwar der Sicherheit halber für die jeweilig verwendete sensible Papiersorte. Durch Multiplikation mit dem Faktor (in unserem Beispiel 0,7) werden die mit Eders Normalpapier erhaltenen Intensitätswerte multipliziert, um auf Bunsen-Einheiten reduziert zu werden.

1) Sitzungsber. d. K. Akad. d. Wiss. in Wien II. a., Bd. 119, S. 1572.

2) Samec, Zur Kenntnis der Lichtintensitäten in großen Seehöhen (Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. in Wien 1907, Bd. 116, Abt. I, S. 1061; 1908, Bd. 117, S. 521).

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

In ähnlicher Weise kann haltbar gesilbertes Bromsilberpapier hergestellt werden, welches noch größere Empfindlichkeit aufweist; über das spektrale Verhalten von solchem Chlor- und Bromsilberpapier s. S. 243.

Man kann auch käufliches Chlorsilber-Zelloidin- oder Gelatinepapier verwenden; ebenso Bromsilbergelatinepapier mit Kaliumnitritsensibilisierung. Man beachte, daß Chlorzitratpapier eine andere spektrale Empfindlichkeit als reines Chlorsilberpapier aufweist (s. Kapitel IX).

Kißlings Versuche mit Bunsens Normalfarbenphotometer für Lichtgenuß von Pflanzen usw. s. Eders Jahrb. f. Phot. 1896, S. 436; ferner Kißling, Beiträge zur Kenntnis des Einflusses der chemischen Lichtintensität auf die Vegetation, Halle a. S. 1895.

III. Wiesners Normalfarbenphotometer und Insolator.

In neuerer Zeit (1892 bis 1910) wendete J. Wiesner die Bunsensche photometrische Methode mit Normalfarbenpapier mit wesentlichen Vereinfachungen zu seinen umfassenden Untersuchungen auf pflanzenphysiologischem Gebiete an[1]).

Fig. 81. Wiesners Insolator.

Der einfache Wiesnersche Apparat zur Belichtung des Normalpapieres, der sog. „Insolator“ (Fig. 84), besteht aus einer 10 cm langen, 8 cm breiten und 6 mm dicken Platte aus weichem Holz, welche bis auf einen etwa 4 mm breiten Spalt mit dickem schwarzen Papier bedeckt ist. Die Befestigung des Papieres erfolgt mit Heftnägeln. Dasselbe liegt dicht an, gestattet aber den Durchgang von schmalen (etwa 6—8 mm breiten) Papierstreifen. Es wird zunächst ein Streifen durchgezogen, welcher mit einer Schicht von Normalschwärze dicht und gleichmäßig bedeckt ist. Neben demselben wird

1) J. Wiesner, Beiträge zur Kenntnis des photochemischen Klimas im arktischen Gebiete, Wien 1898. — Bemerkungen über den faktischen Lichtgenuß der Pflanzen (Ber. d. deutschen botanischen Gesellschaft in Berlin 1894). — Über das Verhalten des Chlorophylls und Xantophylls im Lichte verschiedener Brechbarkeit. — Über den Einfluß der sogenannten chemischen Lichtintensität auf den Gestaltungsprozeß der Pflanzenorgane, Wien 1893. — Untersuchungen über das photochemische Klima von Wien, Kairo und Buitenzorg (Java), Wien 1906. — Untersuchungen über den Lichtgenuß der Pflanzen mit Rücksicht auf die Vegetation von Wien, Kairo und Buitenzorg (Java), Wien 1895. — Untersuchungen über die Beziehungen des Lichtes zum Chlorophyll, Wien 1874. — Versuch einer Bestimmung der unteren Grenze der heliotropischen Empfindlichkeit nebst Bemerkungen zur Theorie des Heliotropismus, Wien 1893.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

ein Streifen von Normalpapier durchgezogen (in der Dunkelkammer oder bei Kerzenlicht). Man bestimmt mittels einer Stopuhr die zur Erreichung der Normalfärbung am Tageslicht erforderliche Belichtungszeit.

Wiesner verwendete anfangs Bunsensches Chlorsilber-Normalpapier, später benutzten er und seine Schüler Edersches haltbares Chlorsilber-Normalpapier. Um die Ablesung des Schwärzungstones zu erleichtern, bedeckt man das Papier mit einem gelben Glase; findet man nach Bedeckung mit dem gelben Glase, daß der Normalton noch nicht erreicht ist, so läßt man so lange direktes Licht einwirken, bis vollkommene Übereinstimmung erzielt ist.

Um intensivere Lichtwirkungen zu messen, läßt man an die Nuance einer dunkleren Normalfarbe anlaufen, deren Photometerwert als Vielfaches des bloßen Normalfarbentones man leicht durch einen Belichtungsversuch finden kann; man belichtet mehrmals auf die lichte Normalfarbe und findet z. B., daß viermalige Belichtungszeit notwendig ist, um den dunkleren Normalton zu erhalten.

Der Wiesnersche „Insolator", welcher zur Bestimmung der chemischen Helligkeit des Tageslichtes, insbesondere auch für pflanzenphysiologische Studien vielfach verwendet wird, ist bei der Firma R. Lechner (W. Müller) in Wien I. Graben, erhältlich.

Eine sehr eingehende Studie über chemische Helligkeit von Sonnen- und Tageslicht stellte Franz Schwab in Kremsmünster an. (Über das photochemische Klima von Kremsmünster; Eders Jahrb. f. Phot. 1904, S. 402.) Er untersuchte auch das Verhältnis des seitlichen Himmelslichtes gegen das Oberlicht, welches namentlich von großem pflanzenphysiologischen Interesse ist.

IV. Büchsenphotometer als Normalfarbenphotometer zu photographischen Kopierzwecken.

a) Photometer mit einer Normalfarbe.

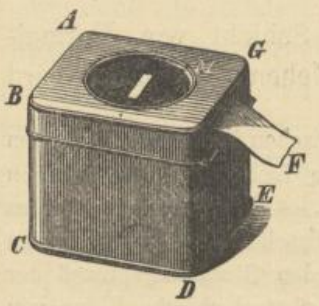


Fig. 85. Büchsenphotometer.

Die „Autotype Company"[1]) und mit ihr viele andere wenden das „Büchsenphotometer" oder auch sog. „englische Normalfarben-Photometer" beim photographischen Kopierprozeß, insbesondere beim Pigmentverfahren an. Es besteht aus einer Büchse von Eisenblech, deren Deckel *M* ein rundes Glas von 2 cm Durchmesser enthält, welches mit Ausnahme eines schmalen (2 mm) Streifens mit Ölfarbe schokoladebraun angestrichen ist, welchen Farbenton gesilbertes Albuminpapier im Sonnenlicht in $1^1/_2$ Minuten annimmt (Fig. 85). Im Innern der

1) Eine englische Gesellschaft, welche sich dem Pigmentverfahren widmet.

Büchse befindet sich ein Streifen sensibilisiertes Papier, welchen eine federartige Vorrichtung immer gegen das Glas drückt. Wenn die Farbe derjenigen des angestrichenen Glases entspricht, hat man einen Grad des Photometers. In diesem Augenblicke verschiebt man den Papierstreifen ein wenig und läßt einen zweiten Grad kopieren[1]). Ein Negativ von mittlerer Dichtigkeit braucht zwei Grade, ein mit Mattlack überzogenes drei, um auf Pigmentpapier eine gute Kopie zu geben.

Analog ist das Lamysche Aktinometer[2]) (für Pigmentdruck) konstruiert, welches Fig. 86 veranschaulicht. Das empfindliche Papier *F* (1 cm Breite, 50 cm Länge) ist bei *H* aufgerollt, wobei eine Feder die Rolle festklemmt und eine andere das Papier *F* empordrückt, so daß es sich beim Zuklappen des Deckels an die Fläche bei *G* anschmiegt. *E* ist eine gefärbte Fläche, welche bei *G* eine durch blankes Glas verschlossene Öffnung hat, durch welche das Licht eindringen kann.

In älterer Zeit benutzte man als sensibles Papier im Büchsenphotometer gesilbertes Albuminpapier, welches aber oft variable Farbentöne (zufolge verschiedener Präparation oder Alters oder Feuchtigkeit) aufweist. Natürlich kann man auch Zelloidinpapier usw. benutzen, muß aber dann andere Normalfarbennuancen wählen.

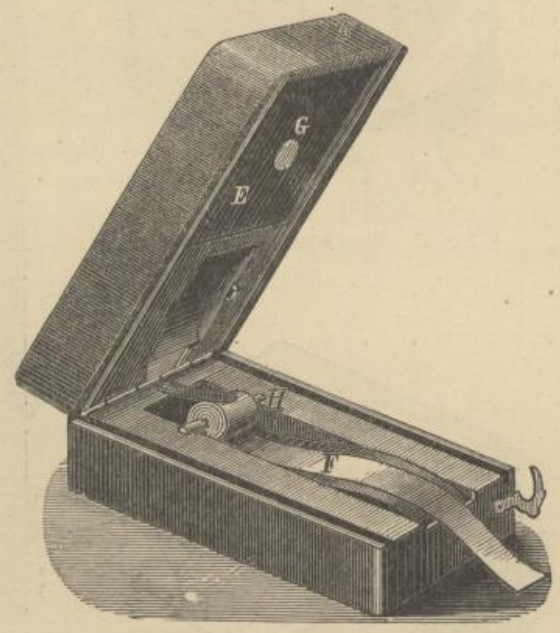


Fig. 86. Lamys Photometer für Pigmentdruck.

Liest man die Normalfarbenphotometer bei gelbem Natriumlicht oder hinter gelbem oder blauem Glas ab, so stört die variable Farbennuance weniger. Man hat deshalb auch Normalfarbenphotometer mit blauen Deckgläsern versehen (z. B. bei Watkins u. a.).

Bei Johnsons Büchsenphotometer ist gelbes Glas darüber gedeckt. Die Schwärzung des Silberpapieres und die Belichtungszeit wird verlängert (Eders Jahrb. f. Phot. 1894, S. 364).

Diese Photometer fanden aber für Kopierzwecke wenig Verwendung. Häufiger benutzt man Normalfarbenphotometer für Belichtungsmesser.

---

1) Dieses Photometer ist beschrieben: Phot. Arch. 1870, S. 189; Monckhoven, Kohlephotographie, 1876, S. 35; Liesegang, Der Kohledruck, 1877, S. 65.

2) Lamy, Instruction pour l'emploi du papier au charbon, 2. Aufl., 1881, S. 12.

b) Büchsenphotometer mit mehreren Farbentönen.

Woodburys Photometer ist ein Büchsenphotometer mit 6 Farbentönen (Fig. 87). Es hat die Form und Größe einer kleinen Taschenuhr. Auf der einen Seite trägt es 6 Sektoren, welche mit verschieden dunkler Farbe (Tusche und Alizarin) bemalt sind und in der Mitte eine Öffnung haben. Ein Streifen sensibles auf eine Rolle (Fig. 88) gewickeltes Papier befindet sich unter der Öffnung *b* und kann durch Ziehen an dem Ende bei *a* verschoben werden. Je nach der gewünschten Stärke der Lichtwirkung exponiert man auf eine hellere oder dunklere Nuance. Für Pigmentdruck schwächt man die Lichtwirkung durch ein gelb gefärbtes Gelatinehäutchen [1]). Woodbury gab demselben Apparat auch oblonge Form [2]).

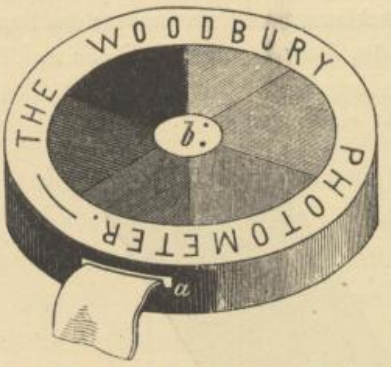


Fig. 87. Woodburys Photometer.

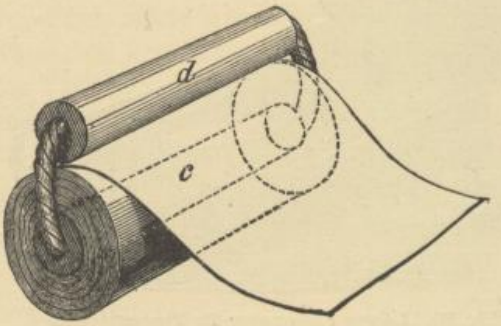


Fig. 88.
Rolle für empfindliches Papier.

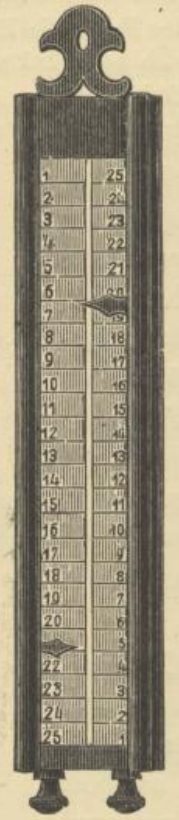


Fig. 89.

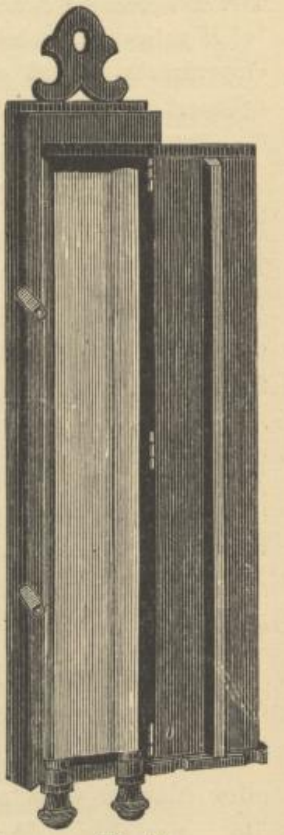


Fig. 90.
Geldmachers Photometer.

Swan benutzte 1866 zur Bestimmung der Expositionszeit für Pigmentpapiere Chlorsilberpapier, welches unter einer halbdurchsichtigen Schicht so lange exponiert wurde, bis die nötige Färbung eingetreten war. Wie tief das Papier gefärbt sein muß, um die für ein Negativ nötige Belichtungszeit anzugeben, ist durch ein vorher-

1) Warnerke, Bull. Assoc. Belge de Phot. Bd. 6, S. 408.
2) Year-Book of Phot. 1878, S. 34.

SLUB Wir führen Wissen.
gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

gehendes Experiment festzustellen. Sobald Swan den Farbenton gefunden hatte, verglich er ihn mit der Skala (die 10 Töne hatte) und notierte dessen Nummer. Die halbdurchsichtige Schicht stellte er durch Entwickeln und Verstärken einer Kollodiumplatte her, bis sie die Intensität der dichtesten Teile eines Negativs hat. Diese Schicht legte Swan deshalb über das Chlorsilberpapier, weil das Papier im vollen Licht viel zu stark sich schwärzt und eine genaue Vergleichung der Farbentöne dadurch unmöglich wird[1]).

Einen ähnlichen Plan hatte Honikel, welcher das Photometer mit ganz schwachem gelben Glas bedeckte[2]).

Lloyd[3]) erzeugte eine Skala auf gesilbertem Albuminpapier von verschieden dunklen Farben. Der Streifen wird im Goldbade gebadet und fixiert und dient dann als Norm.

Geldmachers Photometer[4]) unterscheidet sich im Prinzipe nicht vom Woodburyschen und ähnlichen, ist aber in ganz andere Form gebracht. In einem Holzrähmchen befindet sich unter Glas eine Farbenskala von verschieden stark im Lichte gefärbtem gesilberten Papier (25 Nuancen). Dieselbe wird dadurch hergestellt, daß man als schwächsten Normalton eine schwach graubraune Färbung annimmt (z. B. 2 bis 9 Minuten Exposition an einem regnerischen Tage) und für jeden folgenden Grad 2-, 3-, 4mal bis 25mal so lang exponiert. Zur Vermehrung der Sicherheit sind zwei solche Skalen in entgegengesetzter Richtung hinter dem Glas befestigt. Im Innern des Kästchens ist sensibles Papier aufgerollt. Man exponiert zur Herstellung von Pigmentdrucken so lange, bis das Papier den entsprechenden Färbungsgrad angenommen hat. Mittlere Exposition bis Grad 25. (S. Fig. 89 und 90.) [Diese höheren Grade haben viel zu dunkle, schwer zu unterscheidende Farbentöne. Eder.]

Alle diese Photometer sind ganz willkürlich geeicht.

c) Normalfarbenphotometer für den photographischen Hervorrufungsprozeß.

Der Internationale photographische Kongreß in Paris 1889 stellte als Maß für die Empfindlichkeit die Dauer der Exposition auf, welche erforderlich ist, um mit dem Normallichte (Amylacetatlampe, s. S. 85) und unter Anwendung von Entwicklern einen gewissen grauen Farbenton („ton normale") zu erzielen. Hierzu kann eine rotierende Scheibe, in welcher weiße und schwarze Segmente enthalten sind, dienen. Zwischen der Platte und der Lichtquelle werden keine absorbierenden Mittel eingeschaltet.

Die Amylacetat-Normallampe des Kongresses wird in einer Distanz von 1 m direkt vor der Platte aufgestellt, ohne daß seitliches Reflexlicht dazu treten kann. Die Platte wird sukzessive in Intervallen von 5 zu 5 Sekunden belichtet. Nach der Hervorrufung sucht man jene Zone auf der Platte, welche den Normalton hat. Zur leichteren Vergleichung kann der Normalton mittels Tusche, eventuell mit Benutzung entsprechend grau gefärbter Gelatinefolien hergestellt werden.

Der graue Normalton, welchen der Pariser photographische Kongreß 1889 für sensitometrische Zwecke vorschlug, wurde später von Eder gemessen; er entspricht

1) Phot. Archiv 1866, S. 277.
2) Phot. Archiv 1876, S. 73.
3) Phot. Wochenbl. 1881, S. 364; aus Brit. Journ. of Phot. 1881, S. 556.
4) Phot. Archiv 1876, S. 211.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

der ziffernmäßigen Schwärzung (Logarithmus der Lichtundurchlässigkeit) = 0,35, wenn man eine derartige geschwärzte Platte auf weißes Papier legt und im reflektierten Licht betrachtet (Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wiss. Wien 1899, Bd. 108, Abt. IIa).

Houdaille kam auf diese Idee der Erzielung eines normalen grauen Mitteltons bei Entwicklungsverfahren photographischer Platten zwecks sensitometrischer Prüfung zurück (Eders Jahrb. f. Phot. 1904, S. 399).

Dieses System von Photometern ist in dieser Form wenig zur Sensitometrie geeignet und wurde auf den späteren Kongressen aufgegeben.

V. Skalenphotometer.

Lanet de Limency konstruierte 1856 sein „Lucimeter", welches aus stufenförmig übereinander gelegten feinen Papierstreifen bestand, die eine allmählich undurchsichtiger werdende Skala bis zu 16 Grad bildeten. Je stärker das Licht, desto mehr solcher Schichten durchdrang es und auf diese Weise suchte de Limency die Intensität des jeweiligen Lichtes mit dem Auge abzuschätzen.

Bei der Vorlage dieses Instrumentes in der Sitzung der Pariser photographischen Gesellschaft vom 15. Februar 1856 knüpfte sich daran eine Diskussion, daß die Intensität der leuchtenden (optischen) Strahlen mit jenen der chemischen nicht parallel laufe, und Regnault wies darauf hin, daß man diesem Übelstande leicht abhelfen könne, wenn man hinter die Skala ein Blatt sensibles Papier lege[1]).

Im September 1866 nahm Louis Bing ein englisches Patent auf ein Photometer zur Bestimmung der „aktinischen Kraft" des Lichtes, welches darin bestand, daß unter ein Medium von abnehmender Transparenz ein Stück gesilbertes Papier gelegt und nun beobachtet wurde, durch wie viele Schichten in einer gewissen Zeit das Licht wirkte[2]). Im April 1868 nahm Bing ein Nachtragspatent auf diesen Apparat, indem er das sensible Papier auf eine Rolle aufwickelte und es dadurch ermöglichte, daß durch einfaches Drehen das unter der transparenten Skala befindliche Papier nach jeder Beobachtung leicht erneuert werden konnte[3]).

H. W. Vogel gebührt das Verdienst, das Skalenphotometer als photographisches Meßinstrument zu Kopierzwecken zuerst genau beschrieben[4]) (1868) und in die photographische Praxis eingeführt zu haben.

---

1) Bulletin de la Société française, 1856, Bd. 2, S. 79.

2) Abridgements of Specification relating to Photography II, 1860—1866, S. 149.

3) Abridgements of Specification relating to Photography II, 1867—1876, S. 18.

4) Pogg. Ann. Bd. 134, S. 146; Phot. Mitt. 1868, S. 292 u. 1882, Bd. 18, S. 266.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Vogels Photometer[1]) besteht aus einem Kästchen (Fig. 91), wovon der eine Teil *T* Streifen von chromiertem Steinbach- oder Rives-Rohpapier[2]) enthält. Dieselben werden über das Hölzchen *h* gelegt und durch die Enden *f* gegen die transparente Skala gedrückt, wenn der Deckel geschlossen ist. Der Teil *D* enthält die auf Glas geklebte Seidenpapierskala und derselbe kann mittels des Hakens *Z* geschlossen werden. Durch den Holzdeckel *L* kann der Lichtzutritt zur Skala bewerkstelligt oder verhindert werden. Bei der Exposition scheint das Licht durch die Seidenpapierskala hindurch und bräunt den darunter liegenden Streifen. Diese Färbung schreitet von dem dünnen nach dem dicken Ende der Skala hin fort, und zwar um so rascher, je stärker das Licht wirkt. Um nun zu erkennen, wie weit die Lichtwirkung nach dem dicken Ende fortgeschritten ist, sind auf die Skala schwarze Zahlen und Zeichen aufgedruckt; diese lassen das Licht nicht durch und werden daher,

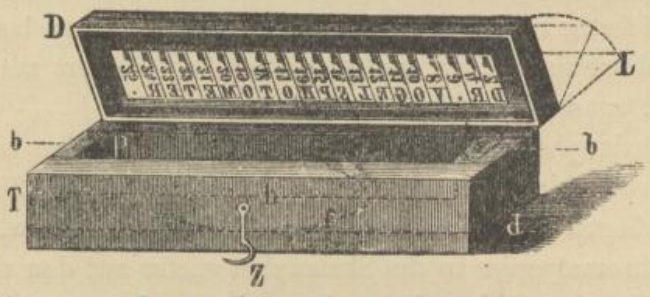


Fig. 91. Photometer von H. W. Vogel.

wenn das Chromatpapier ringsum affiziert ist, hell auf braunem Grunde erscheinen. Öffnet man nun das Photometer bei Lampenlicht[3]) und beobachtet den Chromatpapierstreifen, so erkennt man die Stelle, bis zu welcher die Lichtwirkung fortgeschritten ist, an der daselbst erschienenen Zahl. Statt des Chromatpapieres können auch in ähnlicher Weise Chlorsilberpapiere Verwendung finden.

Mittlere Kopierzeit für Negative mittels Pigmentverfahren, Grad 14; für dünne Negative Grad 11, für dicke Grad 16 bis 20.

Diese Photometergrade stehen keineswegs im selben Verhältnisse, wie Thermometergrade; die höheren Grade zeigen ganz andere Lichtintensitäten als die tieferen an. (Über die hierbei geltenden Gesetze s. S. 154.)

---

1) S. Vogels Lehrb. d. Phot; Vogel-Sawyer, Pigmentverfahren, 1877; Phot. Korresp. 1868, Bd. 5, S. 36, 190.

2) Durch 2 Minuten langes Schwimmen auf doppeltchromsaurer Kalilösung 4:100 erzeugt.

3) Chromatpapier ist empfindlicher als Silberpapier und soll deshalb bei Tageslicht nicht nachgesehen werden.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Vogel gibt für den Wert der Grade seines Photometers folgende Tabelle, welche jedoch nur annähernde Gültigkeit besitzt.

Grade	Angezeigte Lichtmenge	Grade	Angezeigte Lichtmenge
1	1,27	16	44,89
2	1,61	17	57,01
4	2,59	18	72,51
6	4,17	19	92,08
8	6,70	20	117,50
10	10,84	21	149,22
11	13,86	22	189,17
12	17,38	23	239,7
13	22,11	24	300,7
14	27,88	25	391,9
15	35,45		

Will man demnach ein Negativ, welches bei gewöhnlichen Bildern mit 13 Grad fertig kopiert ist, doppelt so lange kopieren lassen, d. h. die doppelte Lichtmenge darauf wirken lassen, so kopiert man keineswegs $2 \times 13 = 26$, sondern nur bis 16 Grad.

Das Skalenphotometer ist in den höheren Graden unempfindlich. Es ist sicherer dreimal bis Grad 18, als einmal bis Grad 23 zu kopieren.

Man pflegt bei Chromatprozessen (Pigmentdruck usw.) durch Einlegen von Chromatpapier in die Skalenphotometer auf den richtigen Grad zu kopieren und soll im allgemeinen einen photographischen Prozeß mit Photometerpapier derselben lichtempfindlichen Substanz messen oder wenigstens annähernd dieselbe Art von Spektralempfindlichkeit in beiden Fällen vor sich haben.

Um vergleichbare Resultate zwischen den Anzeigen des Photometerpapieres und der Empfindlichkeit des Pigmentpapieres zu erhalten, ist es notwendig, beide auf demselben Chrombad zu sensibilisieren. Darauf wies auch Stefanowski hin[1]). Er zeigte auch, daß ein mit weißer Gelatine überzogenes und dann chromiertes Papier[2]) die Ablesung der gebräunten Ziffern (besonders bei ganz schwachen, z. B. $^1/_2$ proz. Lösungen) schärfer als gewöhnliches Papier gestatte.

Für photometrische Untersuchungen über Schwankungen des Tageslichtes mittels eines Vogelschen Skalenphotometers ist (nach Eder) ein mit Kaliummonochromat sensibilisiertes Papier zu empfehlen, welches sehr lange haltbar ist (viel länger haltbar als Bichromatpapier); allerdings bräunt es sich etwa 3 bis 4mal langsamer, ist aber einen Monat lang ziemlich gut haltbar, wenn auch die Empfindlichkeit nicht völlig konstant bleibt. Man stellt solches Papier durch Tränken von 8 Kilo-Rives-

1) Phot. Korresp. 1877, S. 78 u. 207.

2) Solches gelatiniertes Papier wird z. B. für Zwecke des photolithographischen Umdruckverfahrens erzeugt.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

papier mit einer Lösung von 50 g Kaliummonochromat in 1 Liter Wasser her (3 Minuten lang untertauchen); man läßt an Klammern aufgehängt 12 bis 24 Stunden trocknen und verwahrt das Papier in licht- und luftdichten Blechbüchsen.

Die Anwendung von Kaliummonochromatpapier im Skalenphotometer wurde von Eder 1894 vorgeschlagen und von Kiesling zu pflanzenphysiologischen und botanischen Studien verwendet (Eders Jahrb. f. Phot. 1896, S. 430; Kiesling, Beiträge zur Kenntnis des Einflusses der chemischen Lichtintensität auf die Vegetation, Halle a. S. 1895).

Man kann annähernd die Angaben des Vogelschen Skalenphotometers mit Kaliummonochromatpapier auf Lichteinheiten des Bunsenschen Normalfarbenphotometers mit Chlorsilber reduzieren. Es entsprechen bei klarem sonnigen Himmel 33 Bunseneinheiten ungefähr 1 Einheit mit dem Skalenphotometer und dem Monochromatpapier (Kiesling, Eders Jahrb. f. Phot. 1896, S. 436).

Skalenphotometer mit verschiedenen Konstruktionsabarten gaben Bernhardt[1]), Bing (mit Glimmerschichten)[2]), Sawyer u. a. an.

Sawyers Papierskalenphotometer älterer Konstruktion hatte nur 10 Grad mit undurchsichtigerem Papier als das von Vogel verwendete[3]).

Talbot in Berlin gibt dem „Sawyerschen" Photometer 24 Grade mit ähnlicher Transparenz wie Vogels Originalphotometer. Die Form des ersteren ist in Fig. 92 abgebildet (Eders Jahrb. f. Phot. 1894, S. 364).

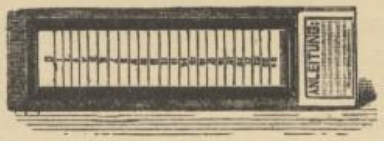


Fig. 92. Sawyersches Photometer von Talbot in Berlin.

Klimsch in Frankfurt a. M. brachte 1902 eine Variante des Vogelschen Photometers in den Handel, welches gleichfalls aus dünnen, stufenförmig übereinandergelegten Papierstreifen besteht. Es ist hierbei das empfindliche Photometerpapier (ähnlich wie bei Bings Patent 1868, s. S. 150) auf eine Rolle aufgerollt (s. Fig. 93) und die Skala besteht aus 30 Feldern, während Vogels Originalphotometer nur 20 Felder aufweist (Eders Jahrb. f. Phot. 1902, S. 494).

Fig. 93.
Photometer von Klimsch & Co. in Frankfurt a. M.

Das Flexoid-Photometer ist ein Skalenphotometer mit mattierten Gelatinefolien in kreisförmig-staffelförmiger Anordnung, welches die Geka-Werke, Akt.-Ges. in Hanau (D. R. G. M. 255058),

1) Phot. Archiv 1868, S. 59.
2) Bing, On Actinometry 1868; Fortschritte d. Physik 1868, S. 325.
3) Vogel und Sawyer, Das photographische Pigmentverfahren, 1877, S. 13.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

konstruieren; diese Skalen sollen haltbarer als Papierskalen sein (Eders Jahrb. f. Phot. 1906, S. 15 u. 441).

Die „Lux-Kopieruhr" von R. Hoh in Leipzig ist eine Art Papierskalenphotometer (ähnlich wie das von H. W. Vogel), welches eine praktische Verschlußvorrichtung (Fig. 94) besitzt; über die Papierskala ist eine braune transparente Schicht gelegt, welche das Licht aller Felder dämpft (Eders Jahrb. f. Phot. 1903, S. 458).

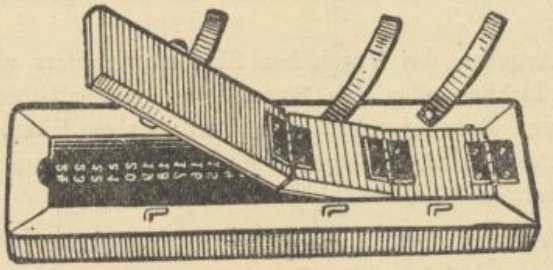


Fig. 94. Lux-Kopieruhr von R. Hoh in Leipzig.

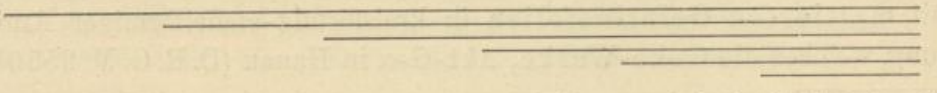
Eilhard Alfred Mitscherlich beschrieb ein registrierendes Photometer. Zur fortlaufenden Bestimmung der Intensität diffusen Lichtes hat Mitscherlich einen durch Uhrwerk getriebenen Apparat konstruiert, bei dem das Licht durch eine Lage von mindestens zehn treppenartig übereinandergelegten Streifen feinen Seidenpapiers hindurch auf das an einem Spalt vorbeipassierende lichtempfindliche Papier einwirkt. Aus der Empfindlichkeit des Apparates, die mittels einer Lichtquelle bekannter Intensität bestimmt wird, und der von diffusem Tageslicht bewirkten, gerade noch erkennbaren Einwirkung auf das lichtempfindliche Papier läßt sich die mittlere Lichtintensität des Tages berechnen. Der Apparat wird von R. Fueß, Steglitz bei Berlin, Düntherstraße 8, angefertigt (Landw. Vers.-Stat., Bd. 68, S. 467, Königsberg i. P.; Chem. Zentralbl. 1908, Bd. 2, Nr. 9, S. 747).

Die Idee, ein Skalenphotometer hinter die Visierscheibe einer Kamera anzubringen und dadurch die Helligkeit des Visierscheibenbildes zu ermitteln, ist alt.

Brice suchte mittels einer Art Skalenphotometer die Empfindlichkeit der photographischen Präparate zu erproben, indem er in der Kamera das Bild irgend eines Gegenstandes aufnahm, aber hierbei unmittelbar vor die sensibilisierte Platte ein Skalenphotometer brachte. Dasselbe bestand darin, daß eine Glasplatte mit ringförmig konzentrischen, allmählich gegen den Rand zu undurchsichtiger werdenden transparenten Medien belegt war, in der Mitte aber eine runde Öffnung unbedeckt blieb. Das erzeugte Negativ wurde gegen den Rand zu immer schwächer oder verschwand ganz; je empfindlicher nun das photographische Präparat, desto weiter gegen den Rand hinaus erschien das Bild. Brice nahm im August 1876 sogar hierauf ein Patent[1]).

VI. Absorptionsgesetze zur Bestimmung des Skalenwertes von Papierskalenphotometern.

Konstruiert man ein terrassenförmiges Streifensystem von transparentem Papier in nachstehender Form:



auf welches Licht von der Intensität = 1 fällt, so wird die Lichtintensität

1) Abridgements of Specifications relating to Photography, 1867—1876, S. 168.

unter dem ersten Streifen $= \frac{1}{c}$, unter dem zweiten Streifen $= \frac{1}{c^2}$, unter dem dritten Streifen $= \frac{1}{c^3}$, unter dem vierten Streifen $= \frac{1}{c^4}$, unter dem x^{ten} Streifen $= \frac{1}{c^x}$ sein.

Die Lichtintensitäten unter diesem terrassenförmigen Streifensystem bilden demnach eine geometrische Reihe, in deren Glieder die Schichtenzahlen die Potenz-Exponenten sind.

Der Skalenwert der stufenförmig aufsteigenden Papierskala hängt von der Transparenz des Papierwertes ab; je größer n (die Lichtschwächung, die Absorptionskonstante) ist, desto rascher steigen die Skalenwerte an.

Um die Konstante n eines derartigen Skalenphotometers zu bestimmen, belichtet man eine Bromsilbergelatineplatte bei einem völlig konstanten Lichte, z. B. einer Amylacetat-Normallampe entweder verschieden lange Zeit oder in verschiedenen Abständen, so daß man die bei Versuchen wirkenden Lichtintensitäten J und i genau kennt; dann entwickelt man beide Platten unter völlig gleichen Bedingungen. Nehmen wir an bei der stärkeren Lichtwirkung J wirkt das Licht durch m Schichten von Papier, bei der schwächeren aber nur durch n Schichten, so findet man die Konstante c nach der Gleichung:

$$c = \sqrt[m-n]{\frac{J}{i}}.$$

Z. B. war bei einem von Dr. Stolze geprüften Skalenphotometer eine darunter befindliche Platte bei konstantem Lichte durch dieselbe Zeit einmal in $^1/_2$ m und dann in 6,0 m Abstand belichtet worden.

Für sein Photometer erhielt er die Zahl 18, resp. 8, daher das Verhältnis der Lichtintensitäten wie 144 : 1 und

$$c = \sqrt[18-8]{144} = \sqrt[10]{144} = 1{,}644.$$

Hat man auf solche Weise die Konstante x festgestellt, so ist es leicht, sich mit Hilfe von Logarithmen eine Tabelle für die Werte c, c^2, c^3 ..... c^n zu berechnen, welche dann zu den durch die Potenzexponenten bezeichneten Feldern des Photometers die verhältnismäßigen Lichtintensitäten ergeben. Hat man nun einmal diese sehr sorgfältig vorzunehmende Arbeit gemacht, so ist es später leicht, mit Hilfe einer einfachen Vergleichsbestimmung die Konstante jedes anderen sorgfältig gearbeiteten Skalenphotometers zu finden. Kommt nämlich an dem bereits untersuchten Instrument die Zahl p, an dem anderen die Zahl q heraus, und hat entweder die Konstante c, das zweite c_1, so gilt die Gleichung:

$$c^p = c_1{}^q,$$

woraus

$$c_1 = c^{\frac{p}{q}}.$$

Für das Warnerkesche Sensitometer (s. u.), welches Dr. Stolze mit seinem Photometer zugleich und in gleichem Abstand von der Lichtquelle belichtete, erhielt er:

bei der Hauptskala . . . . . die Zahl 15
„ seinem (Stolzes) Photometer . . . . „ „ 9.

Es ergab sich demnach als Konstante (y) für das Warnerkesche Sensitometer:

$$c_1 = \sqrt[15]{c^9} = 1{,}3474.$$

Schwankungen der Skalenwerte von Papierskalenphotometern unter dem Einflusse verschiedener Lichtarten wurden von P. v. Schrott nachgewiesen[1]), welcher genaue aktinometrische Messungen an Seidenpapierphotometern (Vogel-Photometer) vornahm und von folgenden Erwägungen ausging:

In der photographischen Praxis nimmt man an, daß die Skalenwerte derartiger Seidenpapierphotometer für verschiedenartige Lichtquellen konstant sind, und man begnügt sich, ein Chlorsilber- oder Chromatnormalpapier in bestimmtem Abstand und während einer bestimmten Zeitdauer der Wirkung einer bestimmten Lichtquelle auszusetzen, die letzten Kopiergrade abzulesen und daraus den Aktinismus der verschiedenen Lichtquellen zu bestimmen. Die Berechnung beruht auf der Annahme, daß einem gerade noch wahrnehmbaren photographischen Effekte (Schwärzung) eine bestimmte Lichtmenge entspreche.

Ist die ungeschwächte Lichtstärke J, so wird durch n Schichten Seidenpapier von der Absorptionskonstanten c die Lichtmenge $\frac{J}{c^n}$ durchdringen. Eine Lichtmenge J' wird den Kopiergrad m deutlich machen, und es besteht die Relation:

$$\frac{J}{c^n} = \frac{J'}{c^m};\ J' = J c^{m-n}.$$

Wenn man nach dieser Methode verschiedene Kopierlampen sehr verschiedenartiger Färbung untersucht, kann man die Beobachtung machen, daß bei Verwendung einer elektrischen Glühlampe einerseits, einer elektrischen Bogenlampe oder einer Quecksilberdampflampe andererseits die Absorptionskonstanten für jede dieser Lichtquellen andere waren, weil augenscheinlich das kurzwellige violette Licht in höherem Maße vom Seidenpapier absorbiert wird, als das Licht von größerer Wellenlänge.

Die von Schrott verwendeten Seidenpapierphotometer besaßen für eine Scheinersche Benzinlampe, bei Verwendung von Bromsilbergelatine mit Hervorrufung, die Absorptionskonstante 1,283.

Da bei der Prüfung der praktischen Verwendbarkeit von Kopierlampen mit einer Benzin- oder Amylazetatlampe keine genügend starke, für Messungszwecke brauchbare Schwärzung von Auskopierpapieren zu

---

1) Eders Jahrb. f. Phot. 1910, S. 114; Zeitschr. f. wissensch. Phot. 1909, Bd. 8, S. 25.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

erzielen war, so wählte Schrott eine 110voltige Metallfadenlampe von 40,25 H. K. Helligkeit bei einer Beanspruchung von 1,2 Watt pro 1 H. K.

Diese sekundäre Lichteinheit ist genügend aktinisch, um Chlorsilber- und Bichomatpapiere in entsprechend kurzer Zeit grau resp. braun zu färben. Für eine derartige Lichtquelle hatte das Seidenpapier-Skalenphotometer, unter Anwendung von Chlorsilber-Normalpapier, die Absorptionskonstante 1,36. Für eine Bogenlampe mit rotleuchtender Effektkohle oder für eine gewöhnliche Bogenlampe 1,486; für weiße oder gelbe Effektkohlen 1,583. Für eine Quecksilberlampe 1,74.

Wie man sieht, steigt die Absorptionskonstante und somit der Skalenwert einer Ziffer des Seidenpapierphotometers wesentlich an, wenn man photographische Kopierlampen benutzt, die reich an intensiven violetten und ultravioletten Strahlen sind. Bei allen diesen Versuchen war das Skalenphotometer mit einer sehr dünnen, farblosen Glasplatte bedeckt, wie es in der photographischen Praxis üblich ist. Die Absorption derartiger Gläser setzt ungefähr bei der Wellenlänge λ 3000 ein und absorbiert von da an praktisch vollkommen die ultravioletten Strahlen kürzerer Wellenlänge. Die ultraviolette Strahlung der Quecksilberdampflampe, sowie der elektrischen Bogenlampe, welche reich an Strahlen kürzerer Wellenlänge sind, kommt somit in der photographischen Praxis nicht in Betracht. Ja, die dickeren Spiegelscheiben gewöhnlicher Kopierrahmen lassen noch viel weniger ultraviolettes Licht durch. Immerhin ist die große Helligkeit der Quecksilberdampflampe und des Bogenlichtes im ultravioletten Teile so beträchtlich, daß dies bei der Berechnung des Skalenwertes des photographischen Seidenpapier-Skalenphotometers einen Einfluß nimmt, der bei praktischen Arbeiten nicht übersehen werden darf.

Öfters wurde die transparente Skala auch aus gefärbten Stoffen erzeugt:

Die „Heliotyp-Company“ [1]) verwendete für ihr eigentümliches Lichdruckverfahren ein Skalenphotometer aus dünnem gelben Wachstaffet (12 Schichten) und als sensibles Papier Chromgelatine.

J. A. Spencers [2]) Aktinometer für den Pigmentdruck hatte bis 12 Schichten blau-rot gefärbte Kollodiumhäutchen.

Fleury-Hermagis schlug 1876 für photometrische Zwecke ein Prisma von gelbem Glas, geteilt in neun Bande von wachsender Dicke, vor [3]).

VII. Erzeugung von Skalen auf photographischem Wege.

Die Erzeugung der Photometerskala von abnehmender Transparenz wurde mehrfach auf photographischem Wege versucht.

1) Phot. Archiv 1876, S. 55; aus Abneys „Instruction in Photography“.
2) Phot. Archiv 1870, S. 333; 1871, S. 13 (daselbst Abbildung).
3) Bull. Soc. franç. Phot. Juli 1876; Phot. Corresp. 1876.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Burton[1]) erzeugte eine Skala, indem er Pigmentpapier (mittels flüssiger Tusche tingiert) verschieden lange belichtete und zwar nahm er für jeden späteren Grad eine so lange Exposition, als die Summe der Exposition für alle vorhergehenden zusammen und der Exposition für Grad 1 (dieser wurde also zweimal summiert) betrug. Die Exposition war somit:

für Grad	Exposition	für Grad	Exposition
1	1	6	32
2	2	7	64
3	4	8	128
4	8	9	256
5	16	10	516

Sternfeld exponierte Pigmentpapier im Sonnenlichte durch ruckweises Verschieben von darüber gelegtem Karton im Sonnenlichte je 10 und 10 Sekunden, so daß am Schlusse der Operation das Papier in parallelen Streifen 10, 20, 30 usw. Sekunden belichtet war[2]). Stefanowski bemerkte mit Recht, daß dieser Vorschlag sehr praktisch wäre, wenn nicht die große Schwierigkeit mit verschiedenen Präparaten und zu verschiedenen Zeiten gleichartige Skalen auf diesem Wege zu erhalten, die Herstellung gleichartiger Photometer unmöglich machen würde[3]).

Es ist notwendig zu bemerken, daß ein 2, 3, 4 mal länger als ein anderes belichtetes Pigmentpapier durchaus keine 2, 3, 4 mal undurchsichtigere Schicht gibt (!), daß somit die Skalen von Burton und Sternfeld in keiner regelmäßigen Reihenfolge undurchsichtiger werden und daß sie mithin die Regelmäßigkeit des Vogelschen Instrumentes vermissen lassen.

Abney empfahl als transparentes Medium, welches alle Strahlen des Spektrums gleichmäßig absorbiert, ein mit Platinchlorid (0,6 g pro Liter Wasser nebst etwas Salpetersäure) verstärktes Silbernegativ, welches durch Photographie eines in der Mitte sternförmig durchstochenen schwarzen Kartons erhalten wurde. Durch Drehen dieses Bildes wurde ein darunter gelegtes sensibles Papier in Form eines Kreises verschieden intensiv beleuchtet. (Phot. New 1876, S. 909; Bull Soc. Belg Phot., Bd. 2, S. 374.)

Auch die Form des „Sawyerschen Skalenphotometers", welches die Autotyp-Company verkaufte, enthält eine allmählich undurchsichtig werdende Skala mittels Pigmentdruck. Da beim Pigmentverfahren ebensowenig wie bei Silberkopier-Verfahren die Undurchsichtigkeit der Bildschicht der Länge der Lichtwirkung proportional ist, sondern in variablem Zusammenhange steht, so kann der „Lichtwert" der einzelnen Grade nicht allgemein gültig abgeleitet werden. Dasselbe gilt von Burtons Photometer, welches gleichfalls unter die Klasse der Skalenphotometer gehört, jedoch besteht die „Skala" aus einer Reihe von kleinen Negativen (Miniatur-Halbton-Porträte) von allmählich steigernder Dichte; man kann dann den Kopiergrad darnach bestimmen, ob das eine oder das andere dieser Miniaturbildchen auf einem darunter gelegten empfindlichen Papiere auskopiert ist.

Es läßt sich in Anbetracht dieser Versuche nicht leugnen, daß noch immer das alte Vogelsche Photometer mit der Seidenpapier-Skala oder das demselben seinerzeit nachgebildete ältere Sawyersche Skalenphotometer empfehlenswerter sind. (Eders Jahrb. f. Phot. 1894, S. 364.)

---

1) S. Johnstons Bericht Phot. News 1874, S. 604.
2) Phot. Korresp. 1876, S. 126.
3) Ibid. 1877, S. 267.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Auch Bromsilbergelatinestreifen, welche im Scheiner-Sensitometer belichtet, entwickelt, fixiert und bezüglich ihrer Schwärzung photometrisch gemessen sind, können als Photometerskalen dienen.

VIII. Durch Druckverfahren hergestellte Photometerskalen.

Ein originelles Verfahren der Herstellung von Photometer- und Sensitometerskalen führte Warnerke behufs Konstruktion seines (allerdings nunmehr veralteten) Sensitometers im Jahre 1881 aus.

Warnerke stellte die transparente Skala dadurch her, daß feines (0,03 mm dickes) Papier stufenweise von 1 bis 25 Lagen auf einer quadratischen Glasplatte mit Eiweiß aufgeklebt wurde. Nach dem Trocknen machte Warnerke einen Abguß von Spences Metalle davon und nun wurden von dieser Form in einer besonderen Presse (nach Art des Woodburydruckes) mit Gelatinefarbe von rein schwarzem Ton die Abdrücke auf Glasplatten gefertigt. Dann wurden die auf Papier durch Buchdruck hergestellten Zahlen darauf abgeklatscht und, um sie undurchsichtiger zu machen, bronziert. Die nun gefirnißte Platte ist das Sensitometer, wie es dann in den Handel kam.

Die mittlere Undurchsichtigkeit der einzelnen Nummern geht aus der folgenden Tabelle hervor; es sei bemerkt, daß dieselben Ziffern die jeweilige relative Lichtempfindlichkeit der Plattensorten angeben.

Sensitometer-Nummern	Mittl. Undurchsichtigkeit der einzelnen Felder (Nummern)	Sensitometer-Nummern	Mittl. Undurchsichtigkeit der einzelnen Felder (Nummern)
1	1	14	36
2	$1^1/_3$	15	48
3	$1^3/_4$	16	63
4	$2^1/_3$	17	84
5	3	18	110
6	4	19	145
7	5	20	192
8	7	21	253
9	9	22	334
10	12	23	440
11	16	24	580
12	21	25	765
13	27		

Wie man sieht, ist der Skalenwert der Warnerke-Skala sehr ähnlich der Vogelschen, jedoch das Material ein anderes. Die Anwendung dieser Skala zu Zwecken des Sensitometers siehe unten.

Auch Chapman Jones benutzte diesen Weg zur Gewinnung der Skala für sein Sensitometer, wobei er allerdings eine rascher ansteigende Undurchsichtigkeit erzielte (jedes Feld besitzt die doppelte Undurchsichtigkeit des vorhergehenden) s. u.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

IX. Kombinierte Skalen- und Normalfarbenphotometer.

Kombination der vorhergehenden Methoden.

Es wurde auch vorgeschlagen, das Skalenphotometer mit einer Normalschwärzungsskala zu kombinieren. Dabei ist die Möglichkeit geboten, am direkten Lichte 10 oder mehrere Normalfärbungsgrade auf Chlorsilberpapier zu erzeugen, dann aber ferner noch ähnliche Färbungsgrade mittels absichtlich geschwächten Lichtes zu erzielen.

Namentlich Vidal arbeitete in dieser Richtung am weitesten.

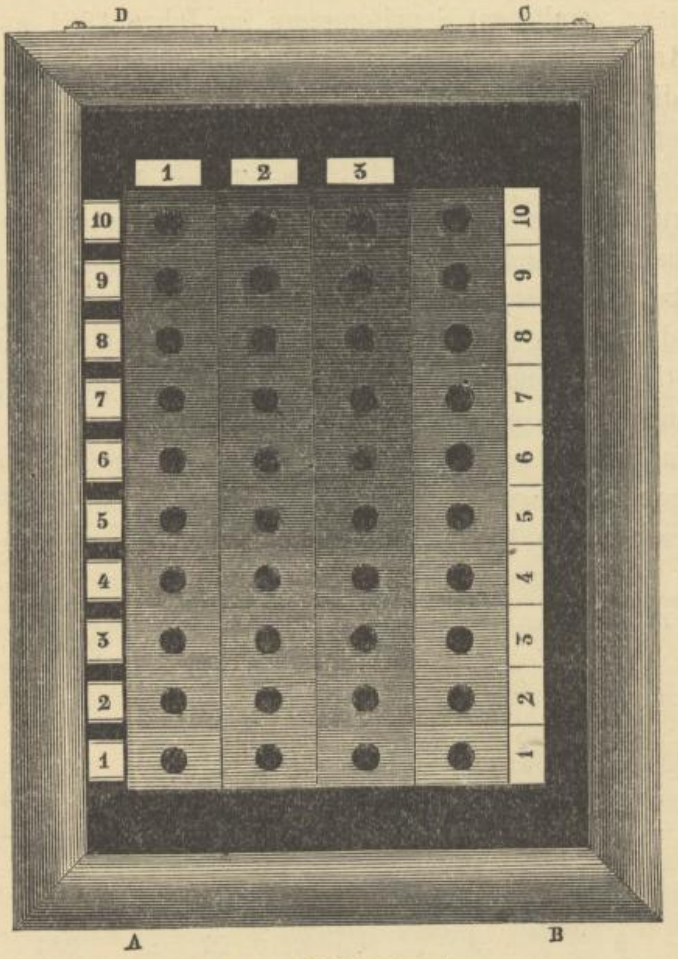


Fig. 95. Vidals Photometer.

Vidals Photometer (für Pigmentdruck, Vergrößerungen in der Kamera usw.) ist in seiner neuesten Form folgendermaßen konstruiert[1]): Es besteht aus drei Reihen (Skalen) von Farbenabstufungen, wovon jede mit einer Anzahl von Glimmerblättern bedeckt ist, derartig, daß der Grad der Durchsichtigkeit einer jeden Glimmerschicht zu der anderen in einem gewissen Zusammenhang steht (siehe Fig. 95). Ein gelbes Glas kann zwischen den Rahmen der Büchse (*AB*, *CD*) geschoben werden, so daß es der Reihe nach eine jede der Skalen 1, 2 und 3 bedecken kann, wodurch die Durchlässigkeit der Glimmerschichten für chemische Strahlen vermindert werden kann.

1) Vidal, Traité pratique de Photogr. au charbon 1877, S. 31 Auch Bull. Soc. franç. 1872, S. 232.

Jede der Farbennuancen der drei Reihen hat in der Mitte ein rundes Loch und der gesuchte Grad ist erhalten, wenn ein Stück darunter gelegtes Chlorsilberpapier dieselbe Färbung, wie ein Färbungsgrad der Skala, erhalten hat. — Um die Grade des Vidalschen Photometers zu bestimmen, wählt man einen hellen Sommertag zwischen 11 und 1 Uhr und exponiert ein Stück Chlorsilberpapier unter dem Photometer in der Sonne genau 5 Sekunden; die so erhaltene Färbung gibt den Grad 2 der Skala 1 (1/2). Ein neues Papier wird nun 10 Sekunden exponiert; dieses gibt Grad 4 (1/4). Man erhält die ganze Skala durch folgende Expositionen:

	Grad		Grad
— Min. 5 Sek.	1/2	3 Min. 30 Sek.	2/2 mit gelbem Glas
— „ 10 „	1/4	4 „ — „	1/4 „ „ „
— „ 15 „	1/6	5 „ — „	1/5 „ „ „
— „ 20 „	1/7	6 „ — „	1/6 „ „ „
— „ 25 „	1/8	7 „ — „	1/7 „ „ „
— „ 30 „	1/9	8 „ — „	3/2 „ „ „
— „ 40 „	1/10	9 „ — „	2/5 „ „ „
— „ 50 „	2/8	10 „ — „	1/8 „ „ „
1 „ — „	3/4	12 „ — „	2/6 „ „ „
1 „ 10 „	3/5	15 „ — „	2/7 „ „ „
1 „ 20 „	3/6	20 „ — „	2/8 „ „ „
1 „ 30 „	3/7	25 „ — „	3/5 „ „ „
1 „ 45 „	3/8	30 „ — „	3/6 „ „ „
2 „ — „	3/9	40 „ — „	3/7 „ „ „
2 „ 15 „	3/9	50 „ — „	2/9 „ „ „
2 „ 30 „	3/10	60 „ — „	3/8 „ „ „
3 „ — „	1/3 mit gelbem Glas		

Es erscheint als eine Vereinfachung dieses Apparates, denselben in einzelne getrennte Teile zu zerlegen, wovon ein jeder einen gewissen Skalenteil vorstellt (s. Fig. 96).

Wenn man mittels des Photometers Negative kopieren will (nach dem Pigmentverfahren) so ermittelt man den Grad, bis zu welchem man kopieren muß und kopiert nach diesem alle Abdrücke.

Als empfindliches Papier benutzt Vidal haltbares sensibilisiertes Albuminpapier von stets gleicher Darstellungsweise.

Um für Kopierverfahren mit Chromsalzen mit seinem Photometer ganz genaue Angaben zu bekommen, vergleicht Vidal die Wirkung des Lichtes auf sein Photometer-Silberpapier mit jener auf Chrompapier, welches auf derselben Chromlösung sensibilisiert ist, wie die jeweiligen Pigmentpapiere. Dieses Instrument nennt er „Graduateur des rapports“ (s. Fig. 97). Es besteht aus einem Stück Glas, über welches man, mit Ausnahme eines runden Loches in der Mitte, ein Stück bräunliches Papier geklebt hat, welches eine Farbe besitzt, wie sie beim Exponieren eines weißen, mit Kaliumbichromat gebadeten Papieres nach 2 Minuten Exposition im zerstreuten Tageslicht erhalten wird. Man exponiert nun zu gleicher Zeit ein Stück Chrompapier[1]) hinter dem „Graduateur“ und Chlorsilberpapier im Photometer und ermittelt nun, bis zu welchem Grade das Chlorsilberpapier exponiert werden muß, damit zu gleicher Zeit das Chrompapier die Normalfärbung erhält.

1) Man kann auch Papier gelatinieren (mit 15 % Lösung), in der Chromlösung baden und als Vergleichspapier wählen.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Nehmen wir an, einmal zeige das Silberpapier im Photometer Grad 3/4 bis das Chrompapier die Normalbräunung annimmt, ein anderes Mal aber (z. B. im Winter, mit schwachen Chrombädern) Grad 3/9, so geht aus der oben gegebenen Tabelle hervor, daß das letztere eine doppelt so lange Exposition braucht. Durch dieses Mittel ist die Möglichkeit geboten, zwischen Chrom- und Silberpapier annähernd vergleichbare Zahlen zu erhalten.

Monckhoven[1]) gab ein Photometer an, welches eine Modifikation des englischen Photometers ist. Auch er kopiert auf eine bestimmte Farbennuance des Chlorsilberpapieres, kann aber den Lichtzutritt zum Papier vermehren oder vermindern und beobachtet, welches Lichtquantum notwendig ist, diesen Effekt zu erzielen.

Eine Büchse von Holz (s. Fig. 98) FGE von ungefähr 8 cm im Quadrat ist mit einem Deckel GF versehen, in welchem ein viereckiges Stückchen Glas eingefügt

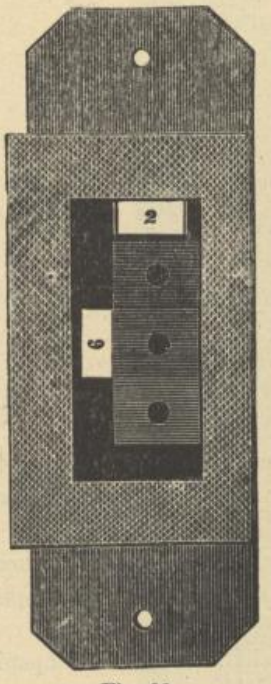


Fig. 96
Vidals vereinfachtes Photometer.

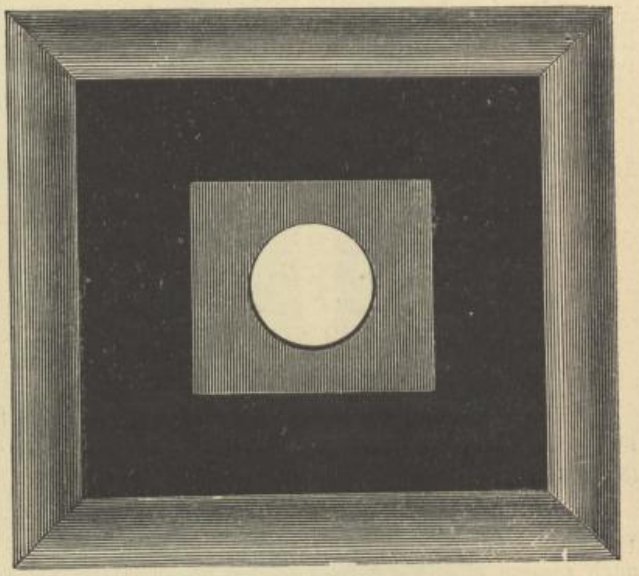


Fig. 97. Vidals Graduateur.

ist; dieses ist innen mit einem schwarzen Papier beklebt, in dessen Mitte man eine kleine Öffnung von 5 mm $\times$ 1 cm ausschneidet. In der Büchse befindet sich eine sensibilisierte Papierrolle von 1 cm Breite und 50 cm Länge. Das Ende dieser Rolle wird nun durch eine kleine Öffnung, die von außen an der Büchse angebracht ist, herausgezogen und durch ein auf ein Stückchen Holz geklebtes Stückchen Sammet gegen das Glas des Deckels festgedrückt. Wenn man nun das Ende der Rolle J weiter herauszieht, verschiebt man die vom Lichte gefärbte Stelle. Das Photometer ist bis dahin dem englischen Photometer (s. S. 146) identisch, nur daß es kein angestrichenes Glas hat. Auf diese Büchse jedoch setzt man die zweite AG, welche man leicht wegheben kann. Diese zweite Büchse ist oben mit einem matten Glase versehen, über welches ein Messingdeckel H geschoben wird, der den Apparat schließt.

1) Monckhoven, Prakt. Behandlung der Kohlenphotographie 1876, S. 36.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Man teilt die obere Partie der zweiten Büchse in zehn Teile, so daß man den Messingdeckel immer an bestimmte Punkte schieben kann. Schieben wir z. B. den Deckel auf Nr. 5, wäre dies mit der Hälfte der Öffnung des matten Glases übereinstimmend. Indem man nun das Photometer dem Lichte aussetzt, erhält man einen Ton, welcher beinahe dem gleichkommt, welchen man braucht, um ein mittleres Negativ auf Kohlepapier zu kopieren; es ist klar, daß, wenn man ein härteres Negativ hat, man nur den Messingdeckel etwas mehr schließen darf, oder aber, wenn man ein weicheres Negativ zu machen hat, man den Deckel etwas mehr aufzieht.

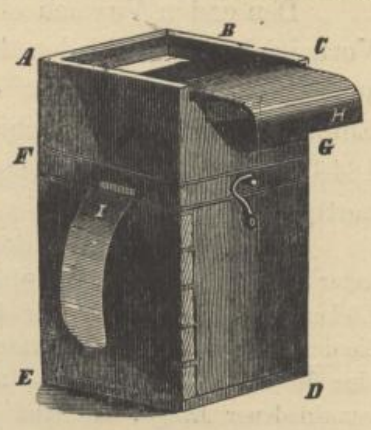


Fig. 98. Monckhovens Photometer.

Hierher gehört die Kopieruhr „Fernande", welche hinter einer stufenweise dunkler gelb gefärbten Skala ein Normalgrau und daneben das sensible Papier enthält.

Dieses Photometer wird seit dem Jahre 1909 in etwas abgeänderter Form als „Photometer Leutner" wieder in den Handel gebracht (s. Fig. 99).

Ein Kopierphotometer unter dem Namen „The Akuret-Print-Meter" bringt die Firma The Portable Studio Manufacturing Co. in Brettell Lane, Stourbridge,

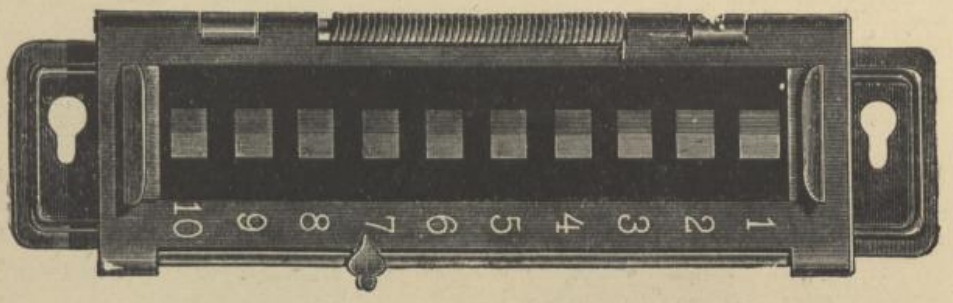


Fig. 99. Kopieruhr „Fernande".

England, in den Handel (s. Fig. 100). Dasselbe ist eine Kombination von Normalfarbenphotometer und Skalenphotometer. Grauviolette Streifen von Normalfarbe sind

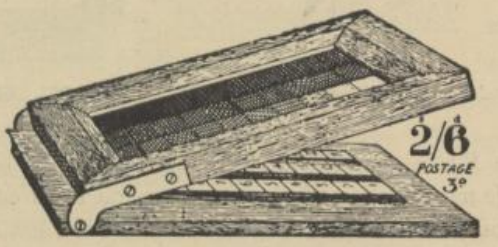


Fig. 100. „The Akuret-Print-Meter".

unter eine allmählich undurchsichtiger werdende Skala (Pigmentverfahren) gelegt; als Maß dient die Erreichung der Normalfarbe auf Silberkopierpapier unter einem bestimmten Felde der abgetönten braunschwarzen Pigmentskala. (Eder, Jahrb. f. Phot. 1902, S. 494.)

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

X. Photometer mit vorbeigezogenen Schlitzen oder rotierenden Scheiben.

Den ersten Versuch eine photographische Platte durch regelmäßiges Vorbeiziehen verschieden langer Schlitze stufenweise mehr und mehr zu belichten und hiermit den Aktinismus der Lichtquellen oder die Empfindlichkeit photographischer Platten zu messen, rührt von Claudet 1848 her[1]). Er nannte sein Photometer dieser Art „Photographometer".

Er brachte die zu prüfende Daguerreotypplatte unter eine dünne Metallplatte, die mit kreisförmigen Löchern versehen war (*F* in Fig. 101 und 102). Über die durchlöcherte Platte ging rasch aber gleichmäßig eine Metallplatte *AB*, welche mit Öffnungen von verschiedener Länge, die eine geometrische Progression befolgen, versehen ist. Während des Vorübergleitens wird die empfindliche Fläche vom Lichte an allen Stellen getroffen, welche die runden Löcher ausgesetzt lassen. Je länger die Spaltöffnungen der oberen Platte sind, desto länger wirkt das Licht

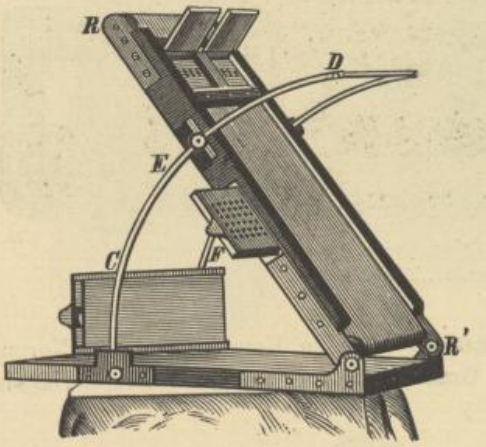


Fig. 101. Claudets Photographometer.

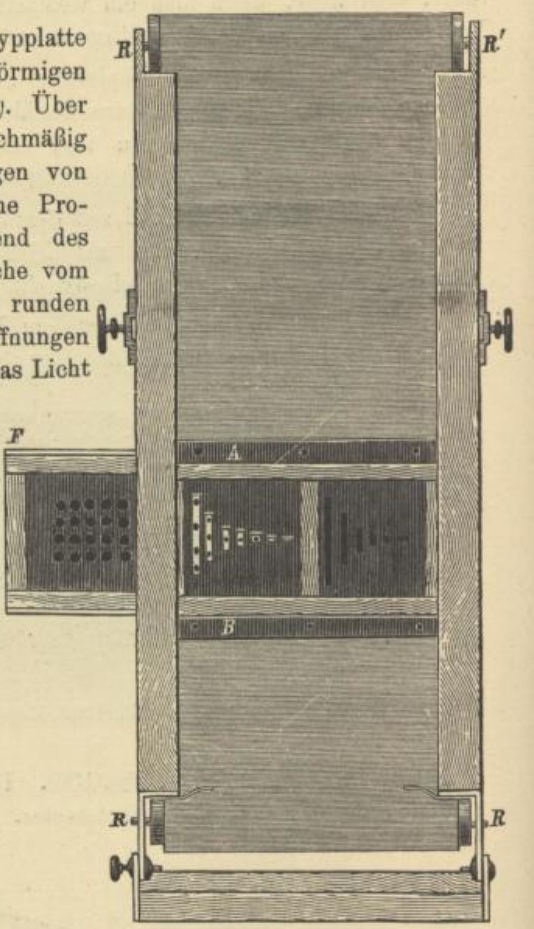


Fig. 102. Claudets Photographometer.

auf die empfindliche Platte ein. Die Geschwindigkeit des Falles kann vergrößert oder vermindert werden, je nachdem man den ganzen Apparat mehr oder weniger stark neigt; denselben Zweck kann man auch durch Veränderung der Fallhöhe oder des Gewichtes der beweglichen Platte erreichen. Die Öffnungen der beweglichen Platte sind parallel und sieben an der Zahl. Die erste mißt 1 mm, die zweite 2, die dritte 4, die vierte 8, die fünfte 16, die sechste 32 und die siebente 64 mm. Es ist daher jede halb so groß als die folgende, und zweimal so groß als die vorhergehende.

---

1) Philos. Magaz. 1898, S. 329; Dinglers Polytechn. Journ., Bd. III, S. 42.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Man hat folglich nach der Operation sieben besondere Bilder, deren verschiedene Intensitäten die Einwirkung des Lichtes während Zeitabschnitten in der geometrischen Progression — 1 : 2 : 4 : 8 : 16 : 32 : 64 darstellen. Diese Anzahl ist zu den Beobachtungen im allgemeinen vollkommen hinreichend; die Effekte können durch zwei-, dreimaliges oder öfteres Fallenlassen der Platte vervielfältigt werden.

Zwei nebeneinander angebrachte derartige Vorrichtungen gestatteten die gleichzeitige Prüfung verschiedenartiger Platten.

Janssen wendete 1881 ein ähnliches Prinzip an: Wenn man in eine Kassette eine photographische Platte legt, sie gleichmäßig durch eine Lichtquelle beleuchtet und einen senkrechten Spalt mit großer Geschwindigkeit durch Federdruck oder mit geringerer durch ein Uhrwerk davor in horizontaler Richtung vorübergleiten läßt, so wird beim Hervorrufen die ganze Platte gleichmäßig gefärbt erscheinen, wenn der Spalt oblong war; hatte er aber die Form eines Dreiecks, so wird die Platte ganz allmählich vom dunkelsten bis zum hellsten Ton und in Weiß übergehen und zwar wird die Dunkelheit um so intensiver sein, je größer die Basis des Dreiecks war. — Man kann nun sogleich konstatieren, daß die Wirkung des Lichtes nicht genau proportional der Intensität wächst; denn wenn man zwei mit demselben Dreieck gemachte Platten entgegengesetzt übereinander legt, erhält man keine gleichmäßige dunkle Schicht: sie ist in der Mitte intensiver, d. h. die Intensität nimmt langsamer zu, als die Intensität des Lichtes selbst. Um die Empfindlichkeit zweier photographischer Platten zu vergleichen, hat man nur nötig, sie nacheinander mit demselben Dreieck zu belichten; die Punkte gleicher photographischer Wirkung werden dann gesucht und bestimmt, wie breit an dieser Stelle das Dreieck war (Photogr. Wachenbl. 1881, S. 211).

Diese Photometer Claudets und Janssens sind außer Gebrauch gekommen.

Dagegen stehen die Photometer mit rotierenden Scheiben häufig in Verwendung. Diese Art der Photometer wird hauptsächlich in der Sensitometrie verwendet und auf S. 166 beschrieben. Hierbei tritt intermittierende Beleuchtung auf, welche bei gleicher Lichtmenge nicht ganz denselben photographischen Effekt wie kontinuierliche Beleuchtung ergibt, deren Gesetze aber bekannt sind.

Bunsen und Roscoe (1862), dann E. Mach[1]) haben darauf hingewiesen, daß rotierende Scheiben mit ihren leicht herstellbaren Helligkeitsabstufungen ein vorzügliches Hilfsmittel abgeben, um strukturlose abschattierte Flächen für photographische Zwecke herzustellen. Im Jahre 1893 beschrieb Mach die Herstellung einer solchen rotierenden, weißen, partiell schwarz bestrichenen Scheibe als Hilfsmittel zur raschen Ermittlung der richtigen Expositionszeit. Er zeichnete auf eine Scheibe fünf konzentrierte Kreise und etwa vier radiale Sektoren. Diese vier Sektoren bemalte er so mit Tusche, daß der äußere Ring ganz weiß blieb, der nächste zur Hälfte, der nächstfolgende zu $^1/_4$, $^1/_8$ weiß blieb. Man denke sich die rotierende Scheibe ganz durch einen schwarzen Schirm gedeckt. Legt man dann einen Kreisausschnitt von etwa $^1/_8$ der Scheibe

1) Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wiss., Wien 1865, Bd. 52 und 1866, Bd. 54.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

durch einen Ruck frei, erweitert denselben nach einer bestimmten Zeit (z. B. 8 Sekunden) auf $^2/_8$ und sukzessive auf $^3/_8$ usw., so gibt die Scheibe bei der Photographie auf einem Bild fünf verschiedene Helligkeiten in z. B. acht verschiedenen Expositionszeiten (Eders Jahrb. f. Phot. 1894, S. 154, mit Figur).

Während Mach im reflektierten Lichte einer weiß-schwarzen Papierscheibe arbeitete, bedienten sich andere des durch eine durchbrochene rotierende Scheibe hindurchfallenden Lichtes (Sensitometer von Hurter-Driffield, Scheiner).

Wird eine Scheibe, welche einen sektorförmigen Ausschnitt enthält, in schnelle Rotation versetzt, so wird das hindurchgehende Licht im Verhältnisse der Sektoröffnung zum ganzen Kreise geschwächt. Bezeichnet man mit α die Winkelöffnung des Sektors (in Graden) und mit J_0 die Intensitüt des auf die Scheibe fallenden Lichtes, so ist die Intensität J nach dem Durchtritte des Lichtes:

$$J = J_0 \frac{\alpha}{360}.$$

Gibt man der Öffnung in der Scheibe eine andere Form, so ist die Lichtschwächung nicht mehr an allen Teilen der Scheibe eine konstante, sondern sie wird eine Funktion des Abstandes vom Mittelpunkte; durch geeignete Wahl der Form des Ausschnittes kann man also eine Lichtverteilung nach jedem beliebigen Gesetze erhalten.

1. Hurter und Driffields Photometer mit rotierender Scheibe.

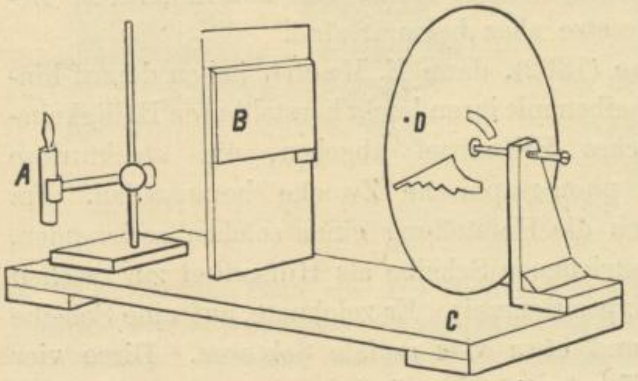


Fig. 103. Photometer von Hurter und Driffield.

Im Jahre 1893 empfahlen Hurter und Driffield[1]) in England ein Photometer mit rotierender Scheibe, welche sie insbesondere zur Prüfung der Lichtempfindlichkeit von photographischen Platten verwendeten (s. Sensitometrie).

Fig. 103 zeigt die von Hurter und Driffield angewendete Form des Apparates. A ist die Kerze, B ist die Kassette, welche den Streifen

1) Eders Jahrb. f. Phot. 1894, S. 157; ferner V. C. Driffield „The Hurter and Driffield System“ (Phote Miniature von Tennout, Nov. 1903, Bd. V, Nr. 56).

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

der Platte, deren charakteristische Kurve wir bestimmen wollen, enthält; C gibt die Stellung der Kassette während der Exposition an, und D endlich ist die rotierende Scheibe, mittels deren die verschieden langen Expositionen gegeben werden.

Die Scheibe (Fig. 104) hat 11 englische Zoll Durchmesser und ist mit Ausschnitten versehen, welche neun verschiedene Belichtungen geben, so zwar, daß in diesem Belichtungsreif jedes Feld die doppelte Lichtmenge des vorhergehenden erhält. Dies wird dadurch erreicht, daß der innerste ausgeschnittene Teil einem Winkel von 180°, der nächste 90°, 45° usw. entspricht.

Fig. 104.
Scheibe von Hurter und Driffields Photometer.

Handelt es sich darum, die beste Reihe von Expositionen anzuwenden für Platten, über deren Empfindlichkeit man nichts weiß, so tut man gut, eine Reihe anzuwenden, die mit 80 SMK anfängt[1]) und bis zu 0,312 SMK heruntergeht. Es zeigt sich

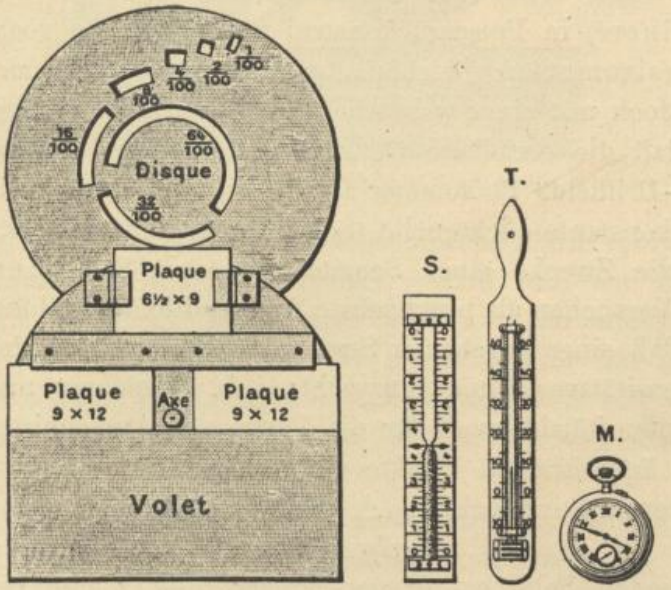


Fig. 105. Houdailles Sensitometer.

dann, daß diese Reihe für die Mehrzahl der im Handel gangbaren Platten von der charakteristischen Kurve so viel umfaßt, als man zu einer Bestimmung der Lichtempfindlichkeit gebraucht.

1) D. i. eine Belichtung von 160 Sekunden bei 1 m Lichtabstand, weil die Scheibe an der hellsten Stelle nur zur Hälfte offen ist.

In der Regel stellt man die Normalkerze in 1 m Abstand von der photographischen Platte auf; wünscht man doppelte Helligkeit, so nähert man die Kerze auf 707 mm. Die belichtete photographische Schicht wird dann entwickelt und zeigt um so schwächere Lichteindrücke an, je empfindlicher sie ist.

Für vergleichende Versuche verschiedener photographischer Platten oder dergleichen müssen Entwickler von konstanter Zusammensetzung (Eisenoxalat, Pyrogallol-Soda, s. Sensitometrie) bei konstanter Temperatur (Hurter und Driffield wählen 65° F) benutzt werden.

Houdaille benutzte gleichfalls als Sensitometer eine rotierende mit verschiedenen Ausschnitten versehene, durch Uhrwerk getriebene Scheibe, wobei jede Öffnung doppelt so groß als die vorhergehende ist [Fig. 105] (Bull. Soc. franç. Phot. 1903, S. 450; Eders Jahrb. f. Phot. 1904, S. 399). Es ist also dieselbe Abstufung gegeben, wie bei Hurter und Driffields Plattenprüfer. Eine Sanduhr (S), Thermometer (T) und Stoppuhr (M) sind beigegeben.

2. Scheiners Sensitometer.

Das Hurter-Driffieldsche Photometer mit rotierender Scheibe hat den Nachteil eines allzu raschen Ansteigens der Photometergrade (1 : 2 : 4), was genauere Messungen nicht gestattet; ferner ist die englische Normalkerze eine wenig verläßliche Lichteinheit.

Scheiner[1]) in Potsdam konstruierte deshalb ein genaueres Photometer (Sensitometer) gleichfalls nach dem Prinzip der rotierenden Scheibe, jedoch mit einer wesentlich langsamer ansteigenden Helligkeitsskala, so daß die erzielbare Genauigkeit drei- bis viermal größer als bei Hurter-Driffields Photometer ist; ferner wendete er eine weit verläßlichere, konstante Lichtquelle (Scheiners Benzinkerze, s. S. 90) an.

Für die Zwecke eines Sensitometers hat Scheiner nach einer Reihe von Versuchen als praktischste Art der Lichtverteilung eine solche gefunden, daß einer gegebenen Strecke auf jeder Stelle des Radius das gleiche Intensitätsverhältnis entspricht; d. h. bezeichnet man mit a das verlangte Intensitätsintervall für die Länge des Ausschnittes, mit n die Anzahl der äquidistanten Punkte des Radius, für welche man die konstanten Intensitätsunterschiede $\triangle$ zur Wahrnehmung bringen will, so muß sein:

$$n lg \triangle = lg a.$$

Im vorliegenden Falle hat er genommen: $n = 19$ (die Intensitätsskala wird von 1 bis 20 numeriert), $a = 100$ und dementsprechend $\triangle = 1{,}27$. Es steigt also die Helligkeit von einem Sensitometerfeld zum anderen um das 1,27fache.

Fig. 106 zeigt die ursprüngliche Form des Scheiner-Sensitometers. Als Lichtquelle dient die Benzinlampe B mit dem Flammenmaß d

1) Zeitschr. f. Instrumentenkunde, Juni 1894.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

und dem horizontalen 1 mm breiten Spalt *s*. Der rote Glaszylinder *Z* hat vorne in der Höhe des Spaltes einen runden Ausschnitt; nach dem Aufsetzen des Zylinders brennt die Flamme heller und ruhig. Die rotierende Scheibe *S* mit dem Ausschnitte *a* wird durch das Kurbelrad *K* gedreht. 1 bis 2 Umdrehungen in der Sekunde an der Kurbel drehen die Scheibe mit 400 bis 800 Rotationen in der Minute. Kleine Schwankungen der Rotationsgeschwindigkeit sind ohne Einfluß auf das Resultat. Hinter der Scheibe war bei der ursprünglichen Scheinerschen Einrichtung die Kassette angebracht, welche bei *o* auf die Länge des Scheibenausschnittes 20 äquidistante rechteckige Öffnungen *o* enthält. Unmittelbar hinter dieser durchbrochenen Scheibe folgte eine dünne Platte aus Gelatine, auf welche ein alle Rechtecke durchquerender undurchsichtiger Strich gezogen war und sodann die Zahlen von 1 bis 20 zur Numerierung der Rechtecke eingetragen wurde.

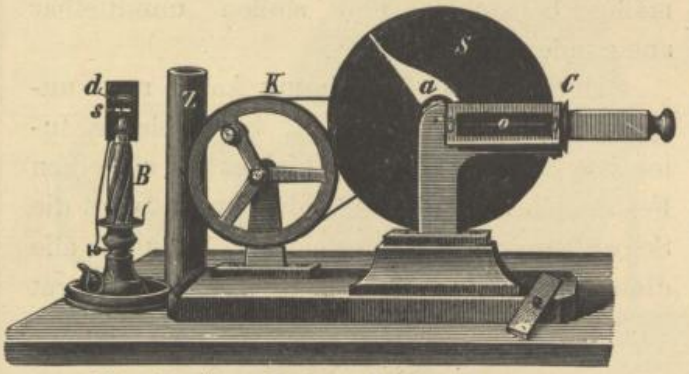


Fig. 106. Ältere Form von Scheiners Sensitometer.

Direkt auf die Gelatine wurde die photographische Platte (Format 3×9) mit der empfindlichen Schicht aufgelegt. Wird nun der Apparat in Tätigkeit gesetzt, so erhält das Rechteck Nr. 1 nur den hundertsten Teil des Lichtes, welches auf Rechteck Nr. 20 fällt. Für die dazwischen liegenden Rechtecke ist das Licht in dem Verhältnis von 1,27 von Rechteck zu Rechteck verteilt. Die Distanz der Flamme von der empfindlichen Platte beträgt 1 m.

Bei diesen Versuchen resultierten Plattenstreifen, welche allmählich gegen die lichtschwächere Seite abschattiert und rechteckig in Felder geteilt waren (Fig. 107); jene Platte, welche unter sonst gleichen Umständen höhere Sensitometergrade zeigt, ist die empfindlichere (s. unten).

Die Nachteile dieses Apparats waren 1. die Einschaltung einer Gelatinefolie zwischen Licht und Platte, wodurch Schwächung des Normallichtes bewirkt wird.

2. Ungleichmäßige Belichtung jedes einzelnen Sensitometerfeldes, was die Folge des kontinuierlich verlaufenden Kurvenausschnittes ist.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Solche keilförmige Beleuchtungen sind mitunter erwünscht, für präzise Photometermessungen erweist sich die völlig gleichmäßige Beleuchtung jedes einzelnen Feldes als weit günstiger. Auch erweist sich die Skala zu kurz.

Eder änderte deshalb die Scheinersche ursprüngliche Form in diesen Punkten, beseitigte die Gelatinefolie in den Kassetten[1]), schnitt (1898) die Kurve zackig aus (Fig. 108), um gleichmäßige Belichtung jedes Feldes zu erreichen; für genauere Arbeiten schlug er größere Scheiben vor (großes Scheinersches Sensitometer) und gab diesem Sensitometer die jetzt allgemein gebräuchliche Form und bestimmte hierfür alle optischen Konstanten des Apparates.

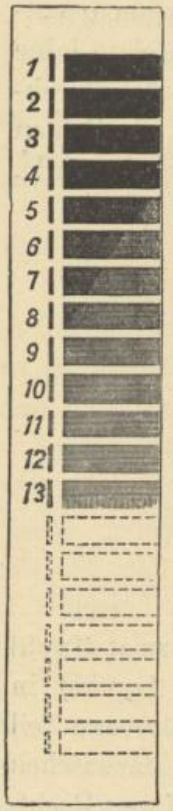


Fig. 107.

Die Felder der resultierenden photographischen Probeplatten sind dann nunmehr gleichmäßig beleuchtet und stoßen unmittelbar aneinander (Fig. 109).

Durch diese Anordnung kann man ungemein deutlich erkennen, bei welcher Intensität des einwirkenden Lichtes die einzelnen Felder sich noch unterscheiden und es wird die Schwärzungsmessung erleichtert. Durch alle diese Verbesserungen wurde der Apparat

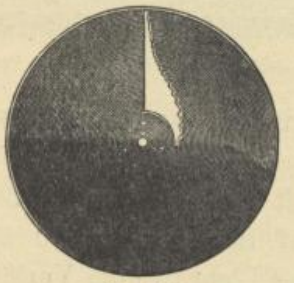


Fig. 108.
Sensitometerscheibe.

Fig. 109.
Schwärzungsskala.

besser geeignet für Zwecke der exakten Sensitometer, und Eder legte die von ihm durchgeführte Abänderung des Scheiner-Sensitometers seinem System der Sensitometrie zugrunde; er schlug das so modifizierte Scheiner-Sensitometer dem III. Internat. Kongreß f. angewandte Photographie 1898 als Normalinstrument vor[2]).

1) Phot. Korresp. 1894, S. 433.

2) Phot. Korresp. 1898. Siehe insbesondere J. M. Eder, System der Sensitometrie photographischer Platten (Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wissensch. Wien, Nov. 1899, Bd. 108, Abt. IIa, S. 1408).

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Das große neuere Modell von Scheiners Sensitometer hat demzufolge nunmehr das in Fig. 110 abgebildete Aussehen; hierbei wurden erweiterte Ausschnitte *a*, *b*, *c* angebracht, so daß das Instrument Lichtintensitätsunterschiede von 1 zu 200 anzeigt. Der Ausschnitt von Nr. 1 hat 100° Winkelöffnung. Die anderen Nummern geben Intensitätsunterschiede = 1 : 1,27 an.

Das Scheinersche Sensitometer wird in dieser Form von Mechaniker O. Töpfer in Potsdam ausgeführt und in den Handel gebracht. Für exaktere Arbeiten ist nur das große Modell dieses Sensitometers brauchbar.

Für größere Versuchsreihen empfiehlt es sich, den Sensitometer mittels eines kleinen Elektromotors in Bewegung zu setzen (solche Einrichtungen macht Töpfer in Potsdam); auch ein Uhrwerk kann verwendet werden.

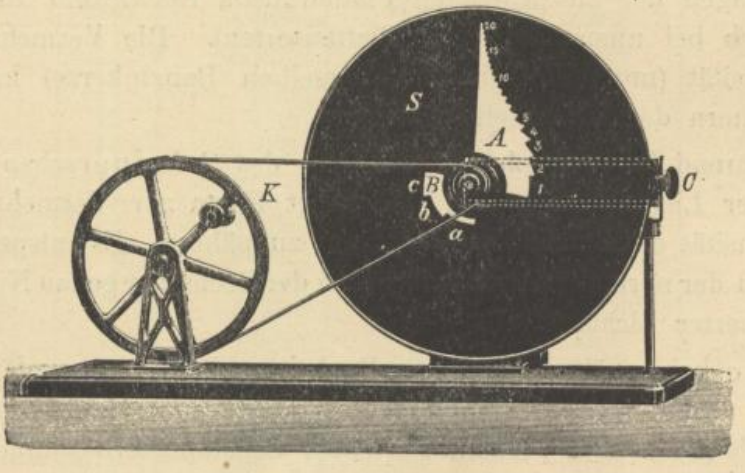


Fig. 110. Neue Form von Scheiners Sensitometer.

Gebrauchsanweisung:

Die Benzinlampe ist bereits auf S. 90 und 168 beschrieben.

Die Flammendistanz der Benzinlampe von der rotierenden Scheibe ist = 1 m, die Anzahl der Umdrehungen der letzteren 400 bis 800 pro Minute, die Belichtungsdauer = 1 Minute. — Nach Eder ist die chemische Helligkeit (für Bromsilbergelatine) der abgeblendeten Scheinerschen Benzinlampe = 0,076 (= $^1/_{13,2}$) der Hefnerschen Amylacetatlampe, wobei die erstere mit Petroleumbenzin des Handels[1]) vom spezifischen Gewichte 0,704 bei 15° C mit einer Siedegrenze von 60—100° C benutzt wurde[2]).

---

1) Gewöhnliches Petroleumbenzin für „Ligroinlampen", bezogen von der Petroleumraffinerie Gerson Böhm und Rosenthal in Wien.

2) Über den Einfluß verschiedener Benzinsorten siehe Eders Abhandlung (Phot. Korresp. 1899, S. 714).

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Mittels dieser Zahlen ist eine Reduktion dieser Werte und Umrechnung der Wirkung auf „Sekundenmeterkerzen" leicht möglich.

Aus der Verhältniszahl 1 Scheinersche Benzinkerze = $^1/_{13,2}$ Hefnerkerzen resultiert für die erste Nummer des Scheinerschen Sensitometers bei der Normalexpositionszeit von 60 Sekunden eine Lichtwirkung von 1,263 Sekundenmeterkerzen. Zur Bestimmung des Schwellenwertes oder der Empfindlichkeitszahl werden die entwickelten, fixierten und getrockneten Platten mit der Schichtseite auf weißes Schreibpapier gedrückt und die letzten (schwächsten) Nummern derart abgelesen; bei Beurteilung kräftigerer Niederschläge betrachtet man die Platten gegen den hellen Himmel in der Durchsicht.

Mitunter benötigt man größere Lichtintensitäten, z. B. um intensivere Schwärzungen der zu prüfenden Platten beim Entwickeln zu erzielen (namentlich bei unempfindlichen Plattensorten). Die Vermehrung der Lichtintensität (unter Beibehaltung derselben Benzinkerze) kann man durch Nähern der Lichtquelle erreichen.

Während bei normaler Anwendung des Scheinerschen Sensitometers der Lichtabstand = 1 m ist, pflegt Eder zur Vermehrung der Lichtintensität die Benzinkerze = $^1/_{2,94}$ m zu nähern. Es entspricht dann Nummer 1 der normalen Anordnung nach der Rechnung genau Nummer 10 bei genäherter Lichtquelle[1]).

Nr. *c* bei genäherter Lichtquelle (wir wollen kurz rund von $^1/_3$ m sprechen) erhält 8,84mal mehr Licht als Nr. *c* bei normaler Distanz der Lichtquelle (1 m). Bei Vornahme zweier Sensitometerbestimmungen im Scheinerschen Sensitometer — einmal mit dem Lichtabstand = 1 m, das zweitemal $^1/_3$ m Abstand (genauer = $^1/_{2,94}$ m) — können also die Wirkungen von Intensitätsunterschieden von 1 bis 1830 zur Wahrnehmung bringen, was bei den Bromsilbergelatine-Trockenplatten vollkommen ausreicht, um ihre Empfindlichkeit und die Zunahme der Schwärzung von der ersten wahrnehmbaren Bildspur bis zur tiefsten Schwärzung zu verfolgen.

Eine weitere Näherung der Lichtquelle ist nicht gut tunlich, weshalb man bei besonders unempfindlichen photographischen Platten zur Verlängerung der Belichtungszeit greifen muß.

---

1) Bei der Rechnung der Distanz $^1/_{2,94}$ ist berücksichtigt, daß bei genäherter Lichtquelle ein um so größerer Teil der Flammen von einem Punkte der Platte durch das Diaphragma hindurch sichtbar wird. Genaue Korrektionstabellen für beliebige Näherung der Lichtquelle beim Scheinerschen Sensitometer gab Schwarzschild (Publikationen der Kuffnerschen Sternwarte in Wien, Bd. 5, 1900; C. S. 20. Auch Eders Jahrb. f. Phot., 14. Jahrg.).

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Nummer *a* bei normalem Lichtabstande (1 m) und der normalen Belichtungszeit (1 Minute) entspricht derselben berechneten Lichtmenge wie Nr. 20 bei $^1/_{2,94}$ m Lichtabstand und einer Exposition von 14 Minuten 24 Sekunden.

Tabelle I.

Nummer des Scheiner-Sensitometers			Relative Lichtmenge	Logarithmus der Lichtmenge	Lichtintensität in Sekunden-meterkerzen	Relative Lichtempfind-lichkeit der Platten
		20	1	0,00	0,013	100
		19	1,27	0,10	0,016	78,5
		18	1,62	0,21	0,021	61,6
		17	2,07	0,32	0,026	48,3
		16	2,64	0,42	0,033	37,9
		15	3,36	0,53	0,042	29,8
		14	4,28	0,63	0,054	23,4
		13	5,45	0,74	0,069	18,3
		12	6,95	0,84	0,088	14,4
	20	11	8,86	0,95	0,112	11,3
	19	10	11,3	1,05	0,143	8,9[1])
	18	9	14,4	1,16	0,182	7,0
	17	8	18,3	1,26	0,232	5,5
	16	7	23,4	1,37	0,295	4,3
	15	6	29,8	1,47	0,376	3,4
	14	5	37,9	1,58	0,478	2,6
	13	4	48,3	1,68	0,610	2,1
	12	3	61,6	1,79	0,779	1,6
	11	2	78,5	1,89	0,994	1,3
	10	1	100,0	2,00	1,263	1,00
20	9	*a*	127	2,10	1,604	0,79
19	8	*b*	162	2,21	2,046	0,62
18	7	*c*	207	2,32	2,614	0,48
17	6		264	2,42	3,3	0,38
16	5		336	2,53	4,2	0,30
15	4		428	2,63	5,4	0,23
14	3		545	2,74	6,9	0,18
13	2		695	2,84	8,8	0,14
12	1		886	2,96	11,2	0,11
11	*a*		1130	3,07	14,3	0,089
10	*b*		1440	3,17	18,2	0,070
9	*c*		1830	3,29	23,2	0,055
8			2340	3,37	29,5	0,043
7			2980	3,47	37,6	0,034
6			3790	3,58	47,8	0,026
5			4830	3,68	61,0	0,021
4			6160	3,79	77,9	0,016
3			7850	3,89	99,4	0,013
2			10000	4,00	126	0,010
1			12700	4,10	160	0,0079
a			16200	4,21	205	0,0062
b			20700	4,32	261	0,0048
c			26400	4,42	330	0,0038

Lichtabstand $^1/_{2,94}$ m, Exposition 14 Min. 24 Sek.

Lichtabstand $^1/_{2,95}$ m, Exposition 1 Minute

Lichtabstand 1 m, Exposition 1 Minute

1) Mittlere Empfindlichkeit von Bromsilbergelatineplatten.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Nach diesen Voraussetzungen berechnete Eder vorstehende Tabelle I einer sehr ausgedehnten Skala abgestufter Lichtwirkungen, welche den Lichtmengen 1 bis 26400 entsprechen.

Um sensitometrische Bestimmungen leicht durchführen und auf das Normalmaß von Sekundenmeterkerzen (d. s. Hefnerkerzen) zurückführen zu können, sind die betreffenden Werte in die vorstehende Tabelle I aufgenommen. Darnach erhält man auf Grund weniger (höchstens drei) Sensitometerproben alle notwendigen Daten bequemer, als es bisher möglich war.

Setzt man die schwächste Lichtmenge in diesem Systeme = 1, so ergibt die zweite Rubrik der Tabelle I die relativen Lichtmengen, welche den betreffenden Sensitometernummern entsprechen. Da man zur Konstruktion der charakteristischen Schwärzungskurve (s. unten) den Logarithmus dieser relativen Lichtmengen braucht, so sind die entsprechenden Logarithmen der relativen Maßzahlen der Lichtmengen in der dritten Rubrik dieser Tabelle beigegeben. Die Bestimmung der Schwellenwerte ersieht man am besten in Sekundenmeterkerzen (Hefnereinheiten), welche Werte nach Eders Bestimmungen in der vierten Rubrik angeschlossen sind. Die relative Lichtempfindlichkeit einer Platte kann aus der fünften Rukrik entnommen werden (reziproker Wert der Lichtmengen, die größte Empfindlichkeit = 100 gesetzt); liegt z. B. die schwächste, eben sichtbare Sensitometernummer (Schwelle einer Plattensorte bei 0,143 Sekundenmeterkerzen (= 10° Scheiner), dagegen bei einer anderen Sorte bei 0,013 Sekundenmeterkerze (= 20° Scheiner), so ist letztere Plattensorte im Verhältnis von $\frac{100}{8{,}9}$ lichtempfindlicher als erstere.

Das Scheinersche Sensitometer gestattet beim Ablesen der letzten eben noch sichtbaren Sensitometernummer eine Genauigkeit von $\pm 1°$ Scheiner. Bestimmt man aber die Lichtabsorption der betreffenden Schwärzungen an der photographischen Platte ziffernmäßig, so kann man durch Interpolation Bruchteile eines Sensitometergrades mit großer Genauigkeit bestimmen[1]).

Einfluß der verschiedenen Kerzendistanz auf die Genauigkeit der Sensitometeranzeigen. — Wirkung der intermittierenden Beleuchtung.

Unter der Voraussetzung der strengen Gültigkeit der Reziprozitätsregel sind in vorstehender Tabelle auf S. 173 drei korrespondierende Beobachtungsreihen beim Scheinerschen Sensitometer angegeben und

1) Vgl. Eder, System der Sensitometrie photographischer Platten, II. Abhandlung (Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wissensch. in Wien, Dez. 1900, Bd. 109, Abt. IIa).

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

die bei 1 m, ferner die bei $^1/_3$ m Lichtabstand mit 60 Sekunden Expositionszeit und bei $^1/_3$ m Lichtabstand und 14 Minuten 24 Sekunden Expositionszeit erhaltenen gleichwertigen[1]) Sensitometernummern gegenübergestellt.

Bei sehr exakten Messungen fand aber der Verfasser[2]) keineswegs eine völlige Übereinstimmung, sondern nur eine ziemliche Annäherung der bei 1 m Lichtabstand und $^1/_3$ m Abstand korrespondierenden (gleichen Lichtmengen entsprechenden) Sensitometernummern.

Aus diesen Beobachtungen geht hervor, daß beim Scheinerschen Sensitometer es nicht ganz einerlei ist, ob man die Bestimmung der Empfindlichkeit oder der Schwärzungskurve bei 1 m Lichtabstand und 1 Minute Expositionszeit oder wesentlich größeren oder kleineren Lichtabstand und entsprechend kürzerer oder längerer Expositionszeit vornimmt. Es stellen sich mitunter Differenzen von ungefähr 1° Scheiner (in einzelnen Fällen 2° Scheiner) ein.

Um denselben Betrag differieren auch die berechneten Sensitometerangaben bei $^1/_3$ m Abstand und 1 Minute Expositionszeit (verglichen mit den korrespondierenden Sensitometerzahlen bei 1 m Abstand und 1 Minute Exposition). Nach der Rechnung soll 1° Scheiner bei 1 m Abstand und 1 Minute Exposition mit 10° Scheiner bei $^1/_{2,94}$ m Abstand und 1 Minute Exposition übereinstimmen. Bei des Verfassers Experimenten traf dieser Fall bei Rapidplatten annähernd ein, aber in mehreren Fällen blieb die Sensitometerangabe bei $^1/_{2,94}$ m Abstand um eine Nummer des Scheinerschen Sensitometers zurück.

Immerhin wird es für die Praxis vollkommen genügen, wenn man die bei $^1/_{2,94}$ m Abstand und 1 Minute Expositionszeit im Scheinerschen Sensitometer ermittelte Schwärzungskurve als normale gelten läßt und die absolute Empfindlichkeit oder der Schwellenwert (letzte sichtbare Nummer in der Periode der Unterexposition) in der Distanz von 1 m Lichtabstand und 1 Minute Expositionszeit bestimmt.

Für wissenschaftliche Untersuchungen, bei welchen größtmögiiche Genauigkeit verlangt wird, sind diese Abweichungen zu berücksichtigen. Sie haben ihren Grund darin, daß die Reziprozitätsregel nicht strenge gültig ist (s. S. 75), und auch das Verhalten photographischer Platten gegen intermittierende Belichtung spielt hierbei eine Rolle.

Die Wirkung intermittierender Beleuchtung auf Bromsilbergelatine ist stets etwas geringer als die Wirkung derselben

1) Das sind die derselben berechneten Lichtmenge entsprechenden Sensitometernummern.

2) Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wissensch., Wien 1899.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Lichtmenge bei kontinuierlicher Beleuchtung. Diese Tatsache beobachtete Abney, dann R. Englisch und wurde in neuerer Zeit von K. Schwarzschild[1]) genau studiert.

Nach Schwarzschilds[2]) eingehenden Untersuchungen hängt die Wirkung des Intermittierens bei der Belichtung von Bromsilberplatten von zwei Größen ab:

1. Von dem Verhältnisse der Pause zur Dauer der Einzelbelichtung, je länger im Verhältnisse die Pause, um so stärker die Abschwächung;

2. von der Lichtmenge, welche die Einzelbelichtung auf die Platte sendet. Ein bestimmtes Verhältnis der Pause zur Dauer der Einzelbelichtung schwächt um so mehr, je weiter diese Lichtmenge unter dem Schwellenwerte liegt. Von geringem Einflusse ist hingegen der Grad der Schwärzung und die absolute Größe der Belichtungszeit oder der Lichtintensität für sich genommen.

Der Unterschied in der Wirkung kontinuierlicher und intermittierender Belichtung hat aber noch zur Folge, daß mit der rotierenden Scheibe dieses Sensitometers nicht ganz die ursprüngliche Absicht erreicht wird, eine genaue Skala der Expositionszeiten bei konstanter Lichtintensität zu bilden. Die höheren Nummern sind durch die relativ längeren Belichtungspausen zu sehr geschwächt. Wenn man aber statt einer Skala der Expositionszeiten eine Skala der Intensitäten durch Schwächung des Lichtes in bestimmten Verhältnissen, wie z. B. beim

---

1) Phot. Korresp. 1899, S. 111.

2) K. Schwarzschild (Phot. Korresp. 1899, S. 171) variierte die intermittierende Belichtung von Bromsilbergelatineplatten durch Änderung:

1. des Verhältnisses der Pausenlänge zur Dauer der Einzelbelichtung q;

2. der Dauer von Einzelbelichtung und darauffolgender Pause zusammengenommen t;

3. der wirksamen Lichtintensität J;

4. der Gesamtversuchsdauer von der ersten bis zur letzten Belichtung T.

Mit diesen vier Größen, die aus Gründen der Darstellung gerade so gewählt wurden, sind auch alle anderen gegeben, die eventuell interessieren können, z. B. die

Dauer der Einzelbelichtung: $t_1 = \frac{t}{1+q}$;

die Dauer der Pause: $t_2 = \frac{t \cdot q}{1+q}$,

die Summe der Belichtungszeit: $T_1 = \frac{T}{1+q}$,

die Zahl der Unterbrechungen: $u = \frac{T}{t}$.

Die Wirkung des Intermittierens wird aber nicht von den vier genannten Größen, sondern nur von dem sub 1 genannten Verhältnisse und von der Lichtmenge, welche die Einzelbelichtung auf die Platte sendet, abhängen.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Vogelschen Papierskalenphotometer oder Warnerkeschen Sensitometer herstellen würde, so würde dieselbe im gleichen Sinne von der genauen Skala der Expositionszeiten abweichen, wie die Skala des Scheinerschen Sensitometers. Denn infolge der früher nachgewiesenen Abweichungen vom Reziprozitätsgesetze wird eine Verringerung der Intensität eine geringere Schwärzung erzeugen als eine Verkürzung der Expositionszeit im selben Verhältnis, und die höheren Nummern der Intensitätsskala würden wieder schwächer als die der genauen Zeitskala ausfallen.

Es wurde durch Eders Versuche die Schwarzschildsche Ansicht bestätigt, daß für die Praxis der Photographie sich am besten ein Mittelding zwischen Zeitskala und Intensitätsskala eigne, da man es hier weder mit konstanten Intensitäten, noch konstanten Expositionszeiten zu tun hat und z. B. hochempfindliche Platten bald für Momentaufnahmen heller Gegenstände, bald für Daueraufnahmen lichtschwacher Objekte sucht. Das Scheinersche Sensitometer wird daher gerade durch sein Hinneigen von der Zeitskala zur Intensitätsskala, das die intermittierende Belichtung bewirkt, im allgemeinen für die Praxis geeignete Empfindlichkeitsangaben liefern.

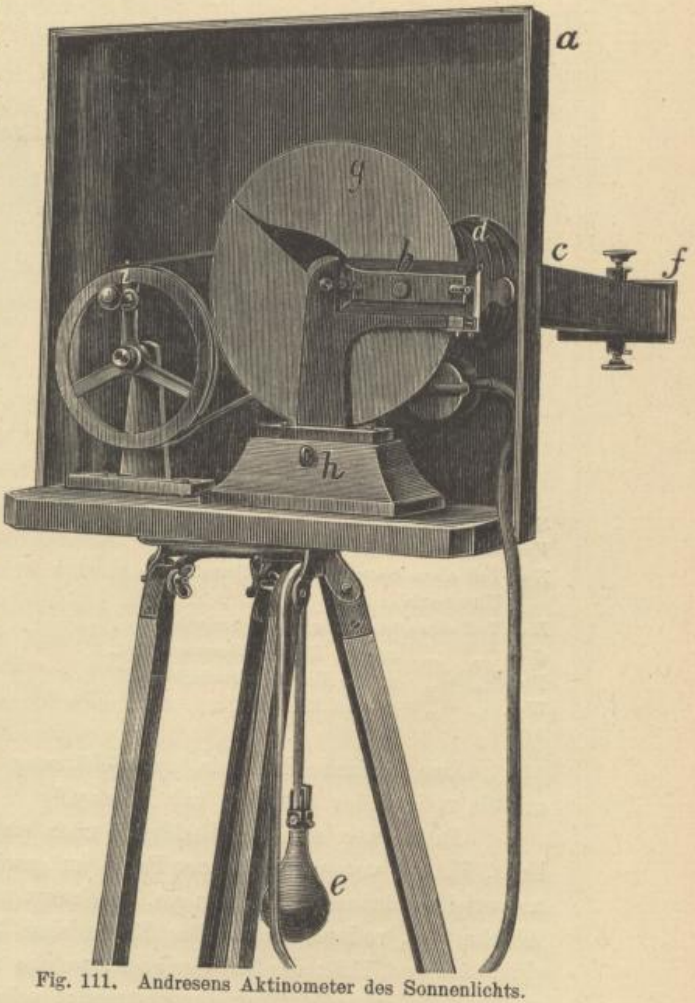


Fig. 111. Andresens Aktinometer des Sonnenlichts.

M. Andresen benutzt das Scheinersche Sensitometer in besonderer Anordnung zur Aktinometrie des Sonnenlichts. Das Sensitometer ist in ein Gehäuse *a* (Fig. 111) eingebaut; bei *b* ist die Kassette; gegenüber ist ein Ansatz *c*, welcher 50 cm lang, innen mit schwarzem Samt gefüttert ist und viereckige Blenden enthält. Der Apparat wird gegen die Sonne gerichtet. Auf diese Weise bestimmte Andresen den Extraktionskoeffizienten der Atmosphäre (Eders Jahrb. f. Phot. 1899, S. 147).

3. Rotierende Scheiben mit farbigen Sektoren.

Schätzung der Leuchtkraft farbiger Flächen im Zusammenhange mit der orthochromatischen Photographie.

Bei der photographischen Aufnahme farbiger Naturobjekte, Gemälde usw. mittels orthochromatischer Platten kommt die relative Helligkeit der kolorierten Flächen in Betracht. Von der relativen Helligkeit der farbigen Flächen, oder sozusagen von ihrer Leuchtkraft ist die photographische Reproduktion abhängig.

Es ist daher von Interesse, die optische Helligkeit von farbigen Pigmentschichten im reflektierten Licht kennen zu lernen und daran anknüpfend den photographischen Effekt bei ihrer Reproduktion mittels orthochromatischer Platten (eventuell unter Heranziehung von farbigen Lichtfiltern) zu untersuchen.

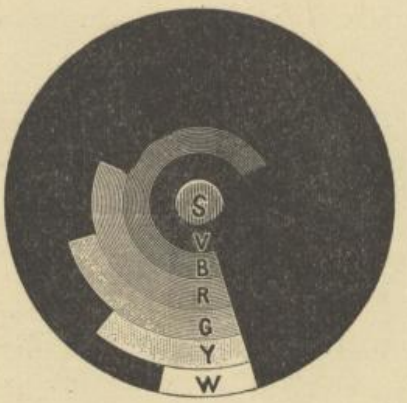


Fig. 112. Rotierende Farbenscheiben.

S = Achsenmutter.
V = violette Scheibe (Methylviolett).
B = Teil eines blauen Ringes (Französisch-Ultramarin).
R = Teil eines roten Ringes (Scharlachrot).
G = „ „ grünen Ringes (Smaragdgrün).
Y = „ „ gelben Ringes (Chromgelb).
W = „ „ weißen Ringes.

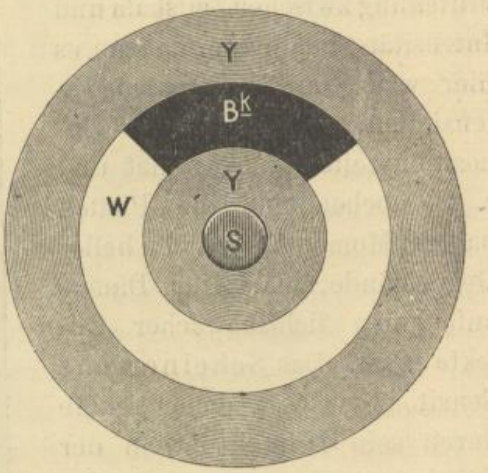


Fig. 113.

YY = gelbe Scheiben.
W = weiße Scheibe.
B^k = schwarze Scheibe.
S = Achsenmutter.

Eine einfache Methode zur Schätzung der Helligkeit von gefärbten Flächen mittels rotierender Scheiben gab Abney.[1])

Es machte sich das Bedürfnis nach einem Verfahren geltend, welches ermöglicht, Ringen von verschiedener Farbe im gewöhnlichen Tageslicht gleiche Leuchtkraft zu verleihen dadurch, daß man sie, durchsetzt mit dem gehörigen Betrag von schwarzen Abschnitten, rotieren läßt. Die Ringe sind konzentrisch und rotieren als Scheibe (Fig. 112 und 113); die Schwierigkeit, welche zu überwinden ist, besteht in der Feststellung des in jeden Ring einzusetzenden schwarzen Stückes.

In der Abhandlung von Abney und Festing über Colour Photometry, Teil III (Phil. Trans. A, 1892) ist nachgewiesen, daß nur ein Strahl des Spektrums, nämlich ein grünlichgelber, hinsichtlich der Zunahme und Abnahme der Leuchtkraft sich genau wie weißes Licht verhält, d. h. wird ein Teil eines weißen Schirmes durch Licht

1) The Photographic Journal, Juni 1900. Bd. XXIV, S. 319.

solcher Farbe, ein anderer Teil dagegen mittels weißen Lichtes beleuchtet, so daß die Leuchtkräfte z. B. einer Kerzenstärke gleichkommen, so bleiben sie hinsichtlich der Leuchtkraft, wenn die beiden Strahlen gleichmäßig abgeschwächt werden, doch einander gleich, bis das Licht so schwach wird, daß es aufhört einen Reiz auf die Netzhaut auszuüben. Andere diesem Strahl naheliegende Strahlen, sowohl nach dem Rot, wie nach dem Grün hin, ergeben praktisch das gleiche Resultat. Wird jedoch Rot mit Weiß verglichen bei ursprünglich gleicher Leuchtkraft von z. B. einer Kerzenstärke, so bringt eine gleichmäßige Abschwächung der Strahlen eine Verschiedenheit der Leuchtkräfte hervor, indem das Rot rascher an Leuchtkraft verliert als das Weiß. Hinsichtlich des Blaugrün, des Blau und des Violett ist das Umgekehrte der Fall, indem beim Abschwächen der Strahlen das Weiß rascher dunkler wird als die Farbe[1]).

Abney erbrachte den Nachweis, daß die Farbe von allen Strahlen des Spektrums mit Ausnahme des reinen Rot lange vor dem Erlöschen ihres Lichtes verschwindet, was eine Folge des schwachen auf die Netzhaut ausgeübten Reizes ist. Naturgemäß läßt sich Gleichheit der Leuchtkraft des fraglichen Strahles mit derjenigen von Weiß um so leichter herstellen, in dem Maße wie die Farbe verschwindet. Diese Tatsachen ermöglichten die Aufstellung folgender handlichen Methode. Zur Feststellung der Leuchtkraft jeder beliebigen Farbe geht Abney auf diese Art vor. Man nimmt zwei chromgelbe Scheiben, von denen z. B. eine 8 Zoll, die andere 4 Zoll Durchmesser hat und bringt zwischen sie zwei sich nur teilweise deckende Scheiben von schwarzer und weißer Farbe von 6 Zoll Durchmesser und setzt dann alle vier Scheiben auf einer Rotationsmaschine so rasch in Drehung, daß das Weiß und Schwarz ohne Flimmern ein Grau ergeben, welches dann durch Abänderung des Verhältnisses zwischen dem Weiß und dem Schwarz so gestaltet werden kann, daß es an Leuchtkraft genau dem Gelb gleichkommt. Eine sehr genaue Übereinstimmung kann man dadurch erzielen, daß man die Scheiben durch ein schwarzes durchsichtiges Medium betrachtet, wie es z. B. das Schwarz auf einer mittels Metol- oder Amidol-Entwickler entwickelten photographischen Platte ist. Der Niederschlag kann so dicht sein, daß die gelbe Farbe praktisch verschwindet; die beiden stumpfen Grau lassen sich dann leicht hinsichtlich der Leuchtkraft in Übereinstimmung bringen. Die Leuchtkraft des Gelb ausgedrückt in Bruchteilen derjenigen von Weiß wird durch den Winkel des freiliegenden Weiß, vermehrt um den kleineren vom schwarzen Ring reflektierten Bruchteil von Weiß angegeben. In gleicher Weise kann man hinsichtlich einer grünen Farbe und ihrer Leuchtkraft die Untersuchung ausführen. Ratsam ist es, für jede Farbe vier oder fünf solcher Beobachtungen anzustellen, wenn man möglichste Genauigkeit zu erzielen wünscht.

Ist die Leuchtkraft dieser beiden Farben bestimmt, so kann man 4 Zoll Durchmesser haltende, sie aufweisende Scheiben zwischen eine blaue und ein graue Scheibe bringen, welche letztere hinsichtlich ihrer Leuchtkraft mit derjenigen eines nach der oben angegebenen Methode aus Weiß und Schwarz gebildeten Grau übereinstimmt. Aus den Winkeln der freiliegenden farbigen und der verminderten weißen und schwarzen Sektoren kann man dann die Leuchtkraft des Blau berechnen. Wenn dies geschehen ist, so kann man zwischen die grüne und die blaue Scheibe eine rote einschieben und die Leuchtkraft dieser letzteren berechnen. Zur Nachprüfung kann man

1) Vergleiche die Abhandlung E. Alberts, Über die Änderung des Farbentones von Spektralfarben und Pigmenten bei abnehmender Lichtstärke (Annal. d. Phys. u. Chem. 1882, neue Folge, Bd. XVI). — Ferner: Betzhold, Farbenlehre 1874.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

eine teilweise schwarze, teilweise gelbe Scheibe einschieben und mit der Farbe vergleichen, welche man mittels der eingeschobenen teilweise freiliegenden roten und grünen Scheiben erhält, von denen natürlich das eine Paar einen größeren Durchmesser haben muß.

Wie die Bestimmung des Grades der erzielten Genauigkeit ausgeführt wird, mögen folgende Angaben über einen einschlägigen Versuch zeigen, bei welchem mit Bogenlicht gearbeitet und die Messungen so, wie oben angegeben, ausgeführt wurden.

Es wurde festgestellt, daß das Schwarz 3,33 Proz. weißes Licht reflektierte und daß bei gleicher Leuchtkraft des Gelb und der Einheit der eingeschobenen schwarzen und weißen Scheiben vom Schwarz 82 Grad, vom Weiß 278 Grad des Ringes ausgefüllt waren. Daraus ergibt sich für das Gelb eine Leuchtkraft von 78, wenn diejenige des Weiß gleich 100 gesetzt wird. In ähnlicher Weise wurde für Smaragdgrün die Leuchtkraft 43 gefunden. Zwischen die gelbe und die smaragdgrüne Scheibe wurde eine dunkelblaue und eine graue Scheibe eingeschoben, welche einem aus Schwarz und Weiß gebildeten Grau an Leuchtkraft entsprach. Es ergab sich folgende Gleichung:

$$\begin{matrix}\text{Gelb} & \text{Grün} & \text{Blau} & & \text{Weiß} & \text{Schwarz} & \text{Weiß}\\ 118 & + 71 & + 171 & = & 122 & + 238 & = 130.\end{matrix}$$

Für Gelb ist die Leuchtkraft von 118 Grad $= \frac{118}{360} \cdot 78 = 25{,}6.$

„ Grün „ „ „ „ 71 „ $= \frac{71}{360} \cdot 43 = 8{,}5.$

„ Weiß „ „ „ „ 130 „ $= \frac{130}{360} \cdot 100 = 36{,}1.$

Blau. Die Leuchtkraft von 171 Grad wird deshalb durch folgende Gleichung ausgedrückt:

$$36{,}1 - (25{,}6 + 8{,}5) = 2$$

und es ist daher die Leuchtkraft des blauen Farbstoffes

$$\frac{360}{171} \cdot 2 = 4{,}2.$$

Die Leuchtkräfte der drei Farbstoffe wurden dann mit derjenigen von Weiß nach der in Teil II der Colour Photometry angegebenen Methode verglichen und ergaben sich wie folgt:

Gelb	77,7.
Grün	43,2.
Blau	4,1.

Es weicht also dieser Befund der Leuchtkraft des Blau von dem nach der neuen Methode gefundenen Ergebnis nur um 0,1 ab, so daß die Annäherung eine sehr befriedigende ist.

Wenn man die Leuchtkräfte der drei Grundfarben bestimmt hat, so kann man diejenigen irgend welcher anderen Farben berechnen, indem man eine der Grundfarbenscheiben durch eine Scheibe mit der betreffenden, zu prüfenden Farbe ersetzt und außerdem eine graue Scheibe herstellt, welche einem aus Weiß und Schwarz gebildeten Grau entspricht.

Als wesentlicher Vorteil dieser Methode fällt ins Gewicht, daß dieselbe bei der Benutzung der verschiedensten Lichtquellen: Kerzenlicht, elektrischem Licht oder

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Tageslicht anwendbar ist; natürlich wechselt jedoch die Leuchtkraft der Farben nach der Qualität und Art des verwendeten Lichtes.

Sind die Leuchtkräfte der Farben bestimmt, so läßt sich die Winkelausdehnung für die Sektoren in Fig. 112 und 113 berechnen, indem man die Leuchtkraft des verwendeten Schwarz mit in Rechnung zieht. Wird die Scheibe um S zum Rotieren gebracht, so muß jede Farbe die gleiche Leuchtkraft zeigen und wenn durch Verwendung eines geeigneten, vor der Linse aufgestellten Farbenfilters auf der photographischen Platte ein Negativbild der Scheibe erzeugt wird, welches in allen seinen Teilen nach der Entwicklung gleiche Dichtigkeit aufweist, so werden sich mittels eines solchen Farbenfilters auf ähnlichen Platten alle aufgenommenen Objekte ohne Rücksicht auf ihre Farben in den richtigen Licht- und Schattenabstufungen wiedergeben lassen.

Herstellung von Sensitometern mit Farbenfiltern für Dreifarbenphotographie von Sir W. Abney („Phot. Journ." 1906, S. 3).

In erster Linie ist ein gutes Sensitometer zur Bestimmung der Absorptionskurven und der Belichtungszeiten notwendig.

Abney[1]) benutzt ein Sensitometer, das aus rotierenden mit Pigmenten in Sektoren gefärbten Scheiben besteht (Abney, Phot. Journ. 1905, S. 319).

Zur Bestimmung des Expositionsverhältnisses hinter den drei Filtern dienen transparent abgestufte Skalen.

Bei der Herstellung von Sensitometern zur Anfertigung genauer Lichtfilter für die Dreifarbenphotographie ist es nach W. Abneys Angaben wünschenswert, daß man bei Benutzung dieser Sensitometer nicht auf künstliche Lichtquellen angewiesen ist, da diese sehr wenig blaue Strahlen enthalten, sondern daß dieselben ohne besondere physikalische Apparate und ohne Anwendung der gewöhnlichen gefärbten Gläser, unter Benutzung des gewöhnlichen Tageslichtes vor der Kamera aufgestellt werden können. Zu diesem Zwecke ist die Anwendung von Pigmenten (Farbstoffen) empfehlenswert. Diese müssen alle dieselben Farbenhelligkeitswerte besitzen, da nur mit einem richtig gewählten Filter die den Pigmenten entsprechenden Teilnegative die gleiche Intensität (Deckung) erhalten können. Bekanntlich kann jeder Farbstoff in einen, zwei oder drei seiner Bestandteile zerlegt werden, und das für das Auge weiße Licht kann aus einem bestimmten Prozentsatz von Spektralrot, Blau und Grün, ein rotes Pigment aus einer Mischung von zwei dieser Grundfarben (Rot und Grün) zusammengesetzt werden, während Gelb alle drei Grundfarben erfordert. Da nun alle Pigmentfarben auf eine Farbe des Spektrums, welcher ein gewisser Prozentsatz weißes Licht zugesetzt wird, zurückgeführt werden können und die Zusammensetzung jeder Spektralfarbe durch die Bestimmung einer oder mehrerer der drei Grundfarben ermittelt werden kann, so kann man jede Pigmentfarbe durch eine bestimmte Mischung der drei Grundfarben ausdrücken. Wenn man z. B. Weiß mit Rot hinsichtlich ihres Helligkeitswertes vergleicht, so ergibt sich aus der dabei von Abney angestellten Berechnung, daß die Helligkeit des Weiß 7,5 mal größer ist als die des Rot; sollen diese Werte zur Erlangung von Lichtfiltern zur Herstellung von Negativen gleicher Intensität gleich werden, so muß die Helligkeit des Weiß durch Zusatz von Schwarz reduziert werden. Dazu dient eine schwarze, um ein rotes

1) Vgl. Abney, Über orthochromatische Photographie und Farbensensitometrie (Eder, Jahrb. f. Phot. 1896, S. 128); ferner The Phot. Journal 1900, Bd. 24, S. 319; Proc. Phys. Soc., 22. April 1904; Phot. Journal 1905, S. 39, 1909, S. 42.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Zentrum drehbare Scheibe (Fig. 114). Wird auf dieser Scheibe das Schwarz teilweise durch Weiß ersetzt, so daß dieses $^1/_{7,5}$ der Peripherie derselben beträgt und die Scheibe schnell gedreht, so reflektiert die rote Farbe und die weiß-schwarze Peripherie denselben Betrag von roten Strahlen. Dieser Effekt kann beliebig geändert werden, je nach dem Verhältnis des Schwarz zum Weiß. Ebenso kann man, wenn zwei Farben zur Ermittlung der Farbenempfindlichkeit der Platten nicht genügen, mit anderen Farben verfahren, um mittels dieser Methode korrekte Lichtfilter herzustellen, und es ist, wenn mittels des Farbenmessungsapparates die Bestandteile der einzelnen Farbstoffe prozentual festgestellt sind, durchaus nicht schwer, eine Anzahl solcher Ringscheiben herzustellen. Will man nun Aufnahmen machen, durch welche man die den verschiedenen Farben entsprechenden Negative von gleicher Intensität erhält, so braucht man diese Ringscheiben nur aus den entsprechend mit Pigmenten gefärbten, transparenten Materialien (Glas oder Gelatinefolien) in den bestimmten Verhältnissen zusammenzusetzen, und wenn man dann während der Rotation dieser Ringscheiben gefärbtes Spektrallicht und die verschiedenen orangen, grünen und blauen Zonen eines Spektrums auf diese Scheiben fallen läßt, so erhalten dieselben

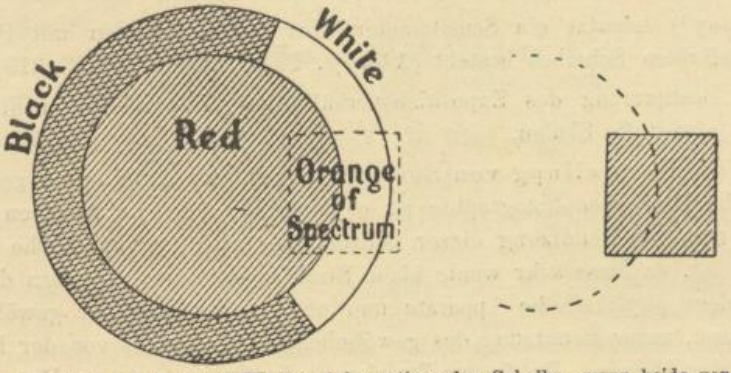


Fig. 114. Aussehen von Rot und Weiß auf der rotierenden Scheibe, wenn beide von orangem Spektrallicht getroffen werden.

alle die gleichen Helligkeitswerte, wodurch einerseits jede farbenempfindliche Platte auf ihre Farbenempfindlichkeit geprüft werden kann, anderseits aber die Herstellung von Teilnegativen gleicher Deckung möglich wird. (Eder, Jahrb. f. Phot. 1907, S. 425.)

Über die Veränderungen der Farben des Spektrums durch Vermischen mit weißem Licht berichtet W. de W. Abney in „Proc. Royal Soc. London“ 1909, Serie A, Bd. 83, S. 120. Die Farben des Spektrums verändern sich, wenn weißes Licht auf sie fällt. Abney beschreibt einen Apparat, der gestattet, die Farbenänderungen, die beim Mischen mit Weiß eintreten, quantitativ zu verfolgen. Zwei Spektra von gleicher Intensität werden nebeneinander auf eine weiße Oberfläche geworfen, die zu untersuchenden Teile des Spektrums durch Schlitze abgegrenzt und auf gleiche Nuance gebracht. Durch eine geeignete Vorrichtung kann auf einen der beiden Farbflecke weißes Licht geworfen und die dadurch erzeugte Farbdifferenz gemessen werden. Die Resultate werden tabellarisch eingeteilt (Eder, Jahrb. f. Phot. 1910, S. 402).

XI. Röhrenphotometer.

Taylor[1]) umging die Skala des transparenten Mediums von zunehmender Undurchsichtigkeit und deren Fehler (s. S. 150) durch ein

1) Phot. News 1869, S. 19. Phot. Mitt., Bd. 5, S. 284 und Bd. 18, S. 267.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

System von zylindrischen Röhren, welche verschiedene Lichtquantitäten durchließen.

Er nahm ein rechteckiges Holzbrettchen (Fig. 115) von 124 mm Länge, 58 mm Breite, und 30 mm Dicke und durchbohrte dasselbe 12 mal, so daß zylindrische Öffnungen von 20 mm Durchmesser und 30 mm Tiefe entstanden. Diese Bohrungen wurden mit dünnen Metallplatten geschlossen, welche eine verschiedene Anzahl von kleinen Löchern von je 2 mm Durchmesser trugen.

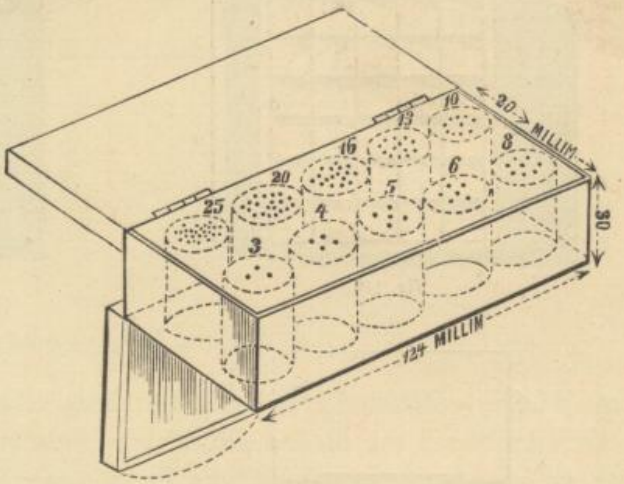


Fig. 115. Taylors Röhrenphotometer.

Unter diesem Brettchen befand sich ein sensibilisiertes Papier, auf welches das Licht mit einer der Zahl der Bohrungen proportionalen Intensität wirkte. Um die geübte Lichtwirkung sicher zu messen, wurde das gedunkelte Papier mit einer abgestuften Normalskala von Färbungsgraden verglichen. Die Normalskala kann durch Belichten von Chlorsilberpapier an einem klaren Julitage zur Mittagsstunde angefertigt werden.

Einen ähnlichen Weg hatte Roscoë eingeschlagen (s. S. 138).

Im Jahre 1881 kamen Mucklow und Spurge auf das Prinzip des Taylorschen Photometers zurück[1]). Ihr Instrument enthält eine Anzahl von Röhren oder Kammern (Fig. 116). Die obere Seite dieser Röhren ist durch eine undurchsichtige Platte verschlossen, in welche Löcher von verschiedenem Durchmesser gebohrt sind, so daß über jedes Röhrenende eine runde Öffnung kommt (Fig. 116). In den Führungen a' und a' (Fig. 117) gleitet ein Schieber (Fig. 118), welcher den Verschluß der Öffnungen gestattet. An der entgegengesetzten Seite des Kästchens befindet sich eine Platte mit Ziffern, welche die Reihenfolge der Röhren bezeichnen. Zum Gebrauche legt man eine empfindliche Platte mit Zifferneinteilung des Kästchens (Fig. 119) unter, verschließt es dann, kehrt die mit der durchlöcherten Platte versehene Seite gegen das diffuse Licht, öffnet den Schieber und exponiert bestimmte Zeit. Die Lichtintensitäten am Ende der Röhren verhalten sich wie die Quadrate

1) The photogr. Journal 1881, S. 44.

der Halbmesser der runden Löcher. (Natürlich muß man sich möglichst gegen Reflexe im Innern des Apparates schützen.)

H. W. Vogel verbesserte das Röhrenphotometer von Taylor, indem er 1 bis 24 kleine Löcher von $^3/_4$ mm Durchmesser am Ende der Röhren

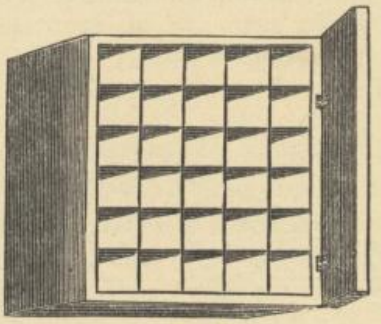


Fig. 116.

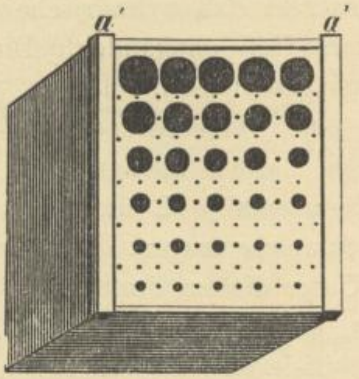


Fig. 117.

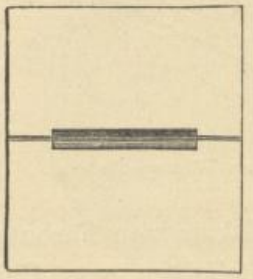


Fig. 118.

1	2	3	4	5
10	9	8	7	6
11	12	13	14	15
20	19	18	17	16
21	22	23	24	25
30	29	28	27	26

Fig. 119.

Photometer von Mucklow und Spurge.

anbrachte, wodurch das Licht besser verteilt wurde. Vogel bringt zwei Photometer nebeneinander an, so daß das Doppelinstrument durch eine Klappe geöffnet und geschlossen werden kann (s. Fig. 120). Es werden nun die zu vergleichenden empfindlichen Platten in den Apparat gelegt und auf eine gleichmäßig erhellte Fläche exponiert. Der Himmel erscheint aber bei Bewölkung nicht gleichmäßig hell; außerdem ist dieses Licht für Bromsilbergelatineplatten zu intensiv und Dämpfung durch matte Scheiben erweist sich als unpraktisch, weil letztere nicht gleichmäßig herzustellen sind. Vogel wählte deshalb einen mit weißem photographischem Rohpapier überzogenen Reflektorschirm. Er stellte

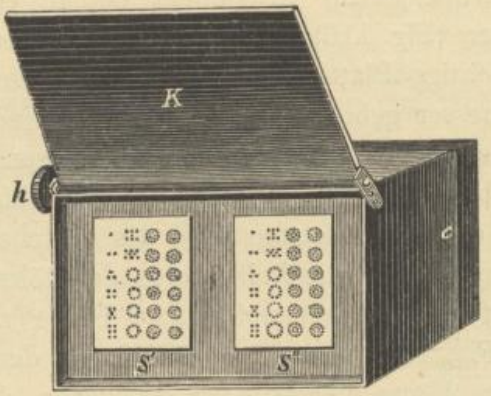


Fig. 120. Vogels Sensitometer.

denselben (S) in hinreichender Entfernung einem nach dem freien Himmel sich öffnenden Fenster (F) gegenüber (Fig. 121).

Nun hängt die Wirkung eines solchen Schirmes auf das Sensitometer sehr wesentlich von der Entfernung beider ab. Vogel stellt den weißen Reflektorschirm von 40 cm Quadrat auf einem Bodenbrett L (Fig. 122) in einer Distanz = 1 m vom Sensitometer auf. Der hintere Teil des Sensitometers ist analog der Kassette konstruiert. Die runden

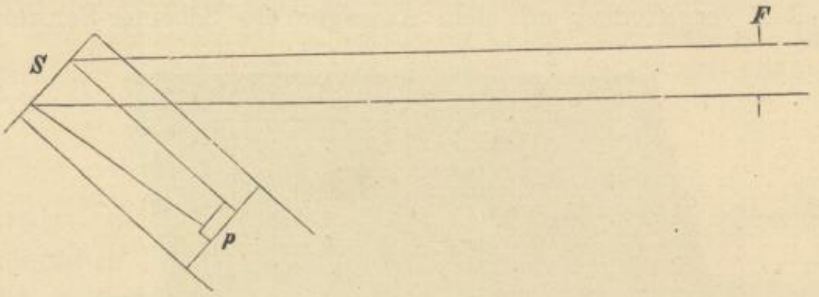


Fig. 121. Beleuchtung des Reflektorschirmes.

Röhren vor dem Kassettenteile sind mit einer Kupferplatte gedeckt, in welcher Zahlen eingeschnitten sind, welche die Anzahl der darüber befindlichen Löcher angeben. Man exponiert nun beide zu prüfenden Platten gleichzeitig durch einige Sekunden, entwickelt und fixiert sie zugleich. Die Empfindlichkeit der Platten verhält sich direkt wie die erschienenen Zahlen. Z. B. ist eine Platte, auf welcher die Zahl 6 erscheint, zweimal empfindlicher als eine andere, auf welcher 3 erscheint.

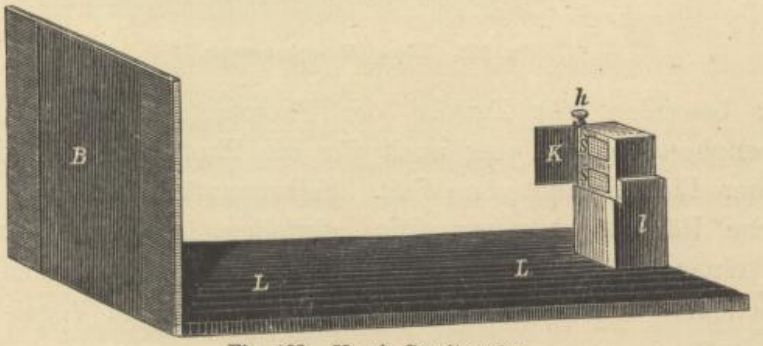


Fig. 122. Vogels Sensitometer.

Vogel benutzt dieses Instrument auch zur Messung der chemischen Intensität des Lichtes, Vergleichung verschiedener Lichtarten, Bestimmung der Helligkeit im Atelier usw.

Das Vogelsche Röhrenphotometer hat den großen Nachteil, daß es zu wenig Spielraum in der Belichtung (1 bis 24) gestattet und die Skalenwerte in einer arithmetischen Progression ansteigen, was die Konstruktion der Schwärzungskurve erschwert.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Eders Röhrenphotometer.

Eder hat deshalb das Röhrenphotometer nach den Prinzipien der modernen Sensitometrie wesentlich anders konstuiert, indem er den Bohrlöchern solche Dimensionen gab, daß sie von einer Nummer zur nächsten nach der Progression des Scheinerschen Sensitometers, d. i. um 1,27, ansteigen.

Hierdurch werden die Angaben von Eders Röhrensensitometer unmittelbar vergleichbar mit dem Anzeiger des Scheiner-Sensitometers.

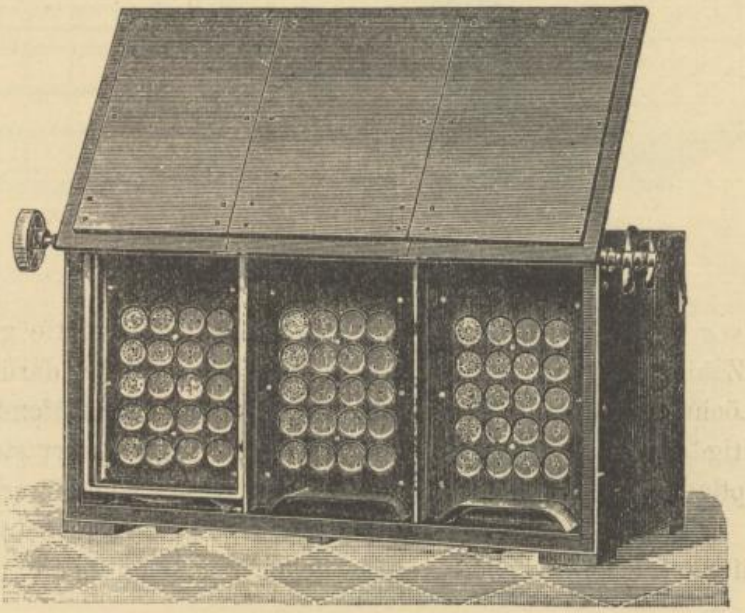


Fig. 123. Eders Röhrenphotometer.

Dies ist besonders für Zwecke der Photometrie (Sensitometrie) für Dreifarbenphotographie, aber auch für die Photometrie (Aktinometrie) künstlicher Lichtquellen von Wert. Selbstverständlich muß das Licht für solche Röhrenphotometer diffus einfallen, was man durch Vorschalten einer genügenden Anzahl matter Gläser, oder Milchglas, oder durch Reflexion von rein weißem Zeichenpapier (nach Vogels Vorgang) erzielen kann.

Um das Röhrenphotometer für Dreifarbenphotographie verwenden zu können, ist es dreiteilig gebaut (s. Fig. 123).

Bei diesem Röhrenphotometer wird die geringste Helligkeit durch ein Bohrloch von 0,5 mm Durchmesser am Ende einer 10 cm langen Röhre erzeugt, während die hellste Röhre 25 Löcher à 1 mm aufweist.[1]) Die Helligkeitsgrenzen liegen also zwischen 1 bis 100.

1) Eder, Phot. Korresp. 1903, S. 426.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Vor die Löcher können auch gut anschließende Flüssigkeitsfilter von 1 cm Schichtendicke oder z. B. rote, grüne, blaue Dreifarbenlichtfilter angebracht werden. Man kann alle drei Teile je nach Bedarf, einzeln oder gleichzeitig belichten. Auf diese Weise läßt sich die relative Empfindlickeit von farbenempfindlichen Platten gegen die drei Grundfarben, ferner von orthochromatischen und gewöhnlichen Platten bei Tageslicht, elektrischem Licht usw. prüfen.

Auch W. Scheffer gab eine Ausführungsform des Röhrenphotometers für Versuchs- und Lehrzwecke an, bei welcher die Lichtdiffusion durch eine Milchglasplatte erfolgt; die Helligkeit der Felder wächst wie 1:2:4:8 usw. (Eder, Jahrb. f. Phot. 1910, S. 97).

Stolzes Photometer (Sensitometer).

Stolze stellte 1881 einen Empfindlichkeitsmesser (Sensitometer) nach folgendem Prinzipe her[1]) (Fig. 124):

Man denke sich eine Trockenplatte $abcd$ von 10 cm Länge und 2 cm Breite, deren eine Hälfte $cdfe$ lichtdicht durch eine Metallplatte verdeckt ist. Genau parallel zur Seite ad und 1 cm senkrecht über ihr ist ein 2 cm langer, 0,1 mm dicker Platindraht gh ausgespannt. Man denke sich nun diese Vorrichtung in einen dunklen mit schwarzem Samt gefütterten Kasten eingeschlossen und bringt dann den Platindraht mit einer Leydener Flasche in Verbindung, so daß er, wenn daselbst ein Funken überspringt, glühend wird. Die Lichtintensitäten verhalten sich nun umgekehrt wie die Quadrate der Abstände von der Platte; außerdem fällt der Lichtstrahl um so schräger, je weiter die Lichtquelle entfernt ist. Die Formel $T = \left(\frac{1}{\sqrt{s^2+1}}\right)^3$ gibt die Intensitäten für jeden Punkt der Platte, wenn man die Intensität für die Fläche bei a durch 1, bei t durch T bezeichnet und die Strecke von $at = s$ ist.

Fig. 124.
Stolzes Empfindlichkeitsmesser.

Werden z. B. zwei Emulsionsplatten nacheinander im Apparate belichtet und entwickelt, so geht die Wirkung bei der empfindlicheren weiter nach bc zu; die eine Hälfte $efdc$ wird ganz ohne Lichtwirkung sein. Die Empfindlichkeiten verhalten sich umgekehrt wie die Intensitäten.

Wächter erklärt es als nicht genau, als Normallichtquelle sich eines durch den elektrischen Funken eines Konduktors glühend gemachten Platindrahtes zu bedienen, da 1. die statische Elektrizität äußerst abhängig ist von dem Feuchtigkeitszustande der Atmosphäre, 2. die Schlagweite des Funkens wohl ein Maß für die Spannung, aber nicht für den Wärmeeffekt sei, welcher sehr variiere, und 3. keine leichten Mittel vorhanden sind, sich von dem guten Zustande des Apparates zu überzeugen.

Der Apparat hat nirgends praktische Verwendung gefunden.

---

1) Phot. Wochenbl. 1881, S. 77 und 92.

NEUNTES KAPITEL.

EMPFINDLICHKEITSMESSUNG PHOTOGRAPHISCHER PLATTEN. — SENSITOMETRIE.

Die Apparate zur Prüfung der relativen Empfindlichkeit photographischer Präparate sind den Aktinometern nachgebildet; obschon man jedes Skalenphotometer oder Büchsenphotometer usw. zur Bestimmung der relativen Lichtempfindlichkeit zweier oder mehrerer photographischer Platten benutzen kann, wenn man bei konstanter Lichtquelle und Belichtungszeit arbeitet, so wurden dennoch eigene „Empfindlichkeitsmesser“ oder „Sensitometer“ konstruiert, welche sich zu diesem Zwecke besonders eignen.

Wortley beschrieb 1876 einen Apparat zur Erprobung der Empfindlichkeit von Platten[1]). Er benutzte verschieden dichte Schichten von Papier (16 an der Zahl), hinter welchen er die Platten bei Gaslicht exponierte.

Warnerke griff später (1880) dieselbe Idee auf und nannte den Apparat zur Erprobung der Empfindlichkeit „Sensitometer“, welche Bezeichnung später allgemein gebräuchlich wurde.

Benutzt man Lichtquellen, deren Helligkeitswert man in Meter-Kerzen-Sekunden genau angeben kann, und entwickelt man mit konstant zusammengesetzten Entwicklern[2]), so gelangt man zu allgemein ver-

1) Phot. News. 1876, S. 304; gelesen vor der „Photogr. Society of Great Britain“. Auch Phot. News. 1881, S. 92.

2) Die Fähigkeit einer photographischen Platte, schwache Lichteindrücke wiederzugeben, hängt unter anderem auch von der Entwicklersubstanz ab. Allerdings hat Precht irrtümlich angegeben, „daß nicht einmal darüber eine Einigung erzielt ist, ob man die Angaben der Schwellenwerte durch die Wahl und chemische Beschaffenheit der Entwicklersubstanz hinausschieben kann“. Eder tritt dieser Angabe entgegen (Phot. Korresp. 1900, S. 239 und 626).

Heute sind wohl alle darüber einig, daß der Schwellenwert einer Platte nebst anderen Faktoren auch von der Entwicklersubstanz abhängig ist; deshalb benutzt man den Eisenoxalatentwickler oder Pyrogallol-Soda als Normalentwickler (siehe Eders „System der Sensitometrie photographischer Platten“) oder kann in einzelnen Fällen den Schwellenwert für andere Entwicklertypen angegeben, wenn sie für gewisse Plattensorten besonders günstig sind (Phot. Korresp. 1900, S. 239). Auch Liesegang

SLUB Wir führen Wissen.
gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

wendbaren und vergleichbaren Systemen der Sensitometrie photographischer Platten.

Über die absolute Strahlungsempfindlichkeit von Bromsilbergelatine gegen Licht verschiedener Wellenlänge s. Leimbach (Eders Jahrb. f. Phot. 1909, S. 143):

Über sensitometrische Regeln und ihre Anwendung in der Astronomie siehe Schwarzschild (Eders Jahrb. f. Phot. 1900, S. 161).

Es ist im Interesse des konsumierenden Publikums, sowie des Händlers gelegen, wenigstens annähernd ziffernmäßig zu erfahren, welche Empfindlichkeit die von verschiedenen Firmen angebotenen „rapiden", „extrarapiden", „ultrarapiden" Trockenplatten besitzen[1]). Tatsächlich können die Fabrikanten es auch nicht umgehen, den Berufsphotographen oder Amateuren Mitteilung zu machen, daß ihre „Rapidplatten" eine höhere Empfindlichkeit besitzen, als die gewöhnlichen Platten, und die „Extrarapidplatten" wiederum durchschnittlich um das soundso Vielfache kürzer belichtet zu werden brauchen, als die anderen Sorten. Die Angaben auf eine wissenschaftlich-technisch fundierte Basis zu stellen, ist Sache der verschiedenen Systeme der Sensitometrie.

Über die verschiedenen Systeme der Sensitometrie, welche als Normalien beim Handel mit Trockenplatten zu gelten haben, ist derzeit noch keine Einigung erzielt. In der Tat geben die verschiedenen Sensitometer variable Angaben, so daß wir kein absolutes Sensitometer kennen. Künstliche Lichtquellen gestatten keinen sicheren Rückschluß auf die photographische Wirkung des Tageslichtes; intermittierende Beleuchtung erweist sich bei genauem Studium etwas weniger wirksam als ununterbrochene (s. S. 176); die Temperatur, die Farbe des Lichtes, die Intensität der Normallichtquelle, die Dicke der sensiblen Schicht, die Art der Hervorrufung usw. beeinflussen die Genauigkeit der sensitometrischen Befunde. Immerhin sind die Gesetze der Sensitometrie für mehrere Systeme genügend genau untersucht, so daß sie als geeignete Methoden zur praktischen Prüfung der Empfindlichkeit und Gradation (Wiedergabe der Übergänge vom Licht zum Schatten) erfolgreich verwendet werden können.

äußert sich im selben Sinne wie Eder und findet, daß unreife Bromsilbergelatine in den üblichen Entwicklern doppelte Belichtungszeit braucht, als wenn man konzentriertere Entwickler verwendet. Bei hydroschwefligsaurem Natron, Vandinoxydulsalzen usw. wird der Schwellenwert der Empfindlichkeit außerordentlich stark herabgedrückt. Auch die Farbe des reduzierten Silberbildes schwankt von Gelbrot bis Schwarz. Es ist nicht ganz unwahrscheinlich, daß man noch energischere Entwickler finden wird, welche die Belichtungszeit bei unseren Platten abkürzen (Liesegang, Phot. Wochenbl. 1900, S. 44).

1) Vgl. Eder, Über Sensitometrie und deren Bedeutung für den Handel mit Trockenplatten (Eders Jahrb. f. Phot. 1910, S. 78).

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

I. Bezeichnung der für die Photometrie von Negativen charakteristischen Größen.

Die Bezeichnung der charakteristischen Größen für die photographische Schwärzung eines Negativs wurde allgemein nach dem Vorschlage R. Luthers[1]) mit einigen Ergänzungen von verschiedener Seite[2]) akzeptiert, nachdem Hurter und Driffield den Begriff der Dichtigkeit photographischer Negative mathematisch festgelegt hatten.

Es sei J die Lichtmenge, welche in die planparallele photographische geschwärzte Schicht eindringt, J' die aus dieser Schicht austretende Lichtmenge, so bezeichnet das Verhältnis

$$T = \frac{J'}{J} = \frac{\text{durchgelassenes Licht}}{\text{auffallendes Licht}}$$

die Transparenz (T) oder Durchlässigkeit. Die Transparenz ist stets ein echter Bruch; für absolut undurchsichtige Schichten ist $T = 0$, für absolut durchsichtige ist $T = 1$.

Der reziproke Wert der Transparenz wird mit Opazität (O) (Luther) oder Undurchlässigkeit bezeichnet.

Es ist also die Opazität $O = \frac{J}{J'}$.

Die Schwärzung (S) einer photographischen Platte (nach Schwarzschild, sowie in Eders System der Sensitometrie) oder die Extinktion (nach Luther) oder die Dichtigkeit (nach Hurter und Driffield) ist der dekadische Logarithmus der Opazität. Für $J = 1$ wird dann die Schwärzung

$$S = \log O.$$

Setzen wir die in die Schicht eintretende Lichtmenge (J) gleich der Einheit, so wird:

$$O = \frac{1}{J'}$$

und die Schwärzung, die der Logarithmus der Undurchlässigkeit ist, wird:

$$S = -\log J'.$$

Wählen wir als Lichteinheit nicht das in die Platte eintretende Licht, sondern die Lichtmenge, die an einer nicht belichteten, aber entwickelten Stelle aus dem Negativ austritt, so erhalten wir einen anderen Wert für die Dichte. Die erstere nennen wir absolute Schwärzung, Dichtigkeit oder Dichte (oder Dichte mit Einrechnung des Schleiers). Die zweite nennen wir relative Dichte (oder Dichte ohne Einrechnung des Schleiers).

---

1) Zeitschr. f. physik. Chem. 1900, Bd. 33, S. 252.

2) Schwarzschild, Collier u. a.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

II. Definition der Schwärzung photographischer Platten.[1])

Der Silberniederschlag einer entwickelten photographischen Platte erscheint um so dichter, um so schwärzer im durchfallenden Lichte, je mehr metallisches Silber auf die Flächeneinheit der Schicht niedergeschlagen ist. Es handelt sich hierbei um fein verteiltes „molekulares" Silber[2]), d. i. Silberpartikelchen, deren Moleküle durch irgend welche andere Teilchen voneinander getrennt sind.

Ist a für eine gewisse Opazität das Intensitätsverhältnis vom auffallenden zum durchfallenden Lichte $\left(\frac{J}{J'}\right)$, so setzt man (analog den bei dem Durchgange des Lichtes durch verschieden dicke, durchlässige Medien beobachteten Erscheinungen):

$$a = e^D,$$

worin e die Basis der natürlichen Logarithmen ist, und betrachtet die der Dicke der durchlässigen Medien analoge Größe D als Dichte oder Dichtigkeit der photographischen Platten.

In diesem Sinne ist die Dichtigkeit einer Platte oder, wie man auch sagt, ihre Schwärzung somit der Logarithmus ihrer Undurchlässigkeit gegen Licht. Die Einführung dieser Größe hat sich in der Sensitometrie bewährt, entsprechend den sensitometrischen Untersuchungen von Hurter und Driffield[3]), sowie von Schwarzschild[4]) und dem Verfasser.

Aus praktischen Gründen entschied sich der Verfasser für gewöhnliche Briggsche Logarithmen, da mit natürlichen Logarithmen schlecht zu rechnen ist. Es empfiehlt sich für die Zwecke der praktischen Sensitometrie $a = 10^S$ zu setzen und S als praktisches Maß der Schwärzung zu benutzen, wie dies in Eders System der Sensitometrie geschah. S ist dann der gewöhnliche Logarithmus von a, und es besteht die Gleichung

$$S = D \log e = 0{,}4343\, D.$$

Die Zahl, welche das Maß der Schwärzung repräsentiert, ist bei ein und derselben Plattensorte und Entwicklungsart dem Gewichte des metallischen Silbers auf der Flächeneinheit proportional und entspricht dem auf das Auge hervorgerufenen Licht-, resp. Dunkelheitseindrucke.

---

1) Nach Eder, System der Sensitometrie (Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wissensch. Wien 1899).

2) Vgl. Wernicke, Wiedem. Annal. Phys. 1894, Bd. 52, S. 523; Wiener, ebenda 1899, Bd. 69, S. 499.

3) Eders Jahrb. f. Phot. 1899.

4) Phot. Korresp. 1899.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Man kann die Silbermenge quantitativ bestimmen, welche, auf eine gewisse Plattenfläche verteilt, die Schwärzung = 1 hervorruft. Nach Hurter und Driffield bewirkt eine Menge von 0,0131 g metallischem Silber auf eine Plattenfläche von 100 qcm die Schwärzung (Opazität) = 1, falls das Bromsilberbild mittels Eisenoxalat entwickelt war.

Eder stellte Schwärzungsmessungen nicht nur mit Bromsilbergelatine, sondern auch mit nassen Kollodiumplatten an. Er fand, daß die Zahlen für Bromsilbergelatine (Porträtplatten) mit Hurter und Driffields Angaben befriedigend übereinstimmen. Ferner zeigt es sich, daß wirklich das Maß der Schwärzung dem Gewichte des auf die Flächeneinheit ausgeschiedenen metallischen Silbers annähernd proportional ist. Wurde die Platte mittels Rodinal, Glycin, Hydrochinon entwickelt und im sauren Fixierbade fixiert, so fand Eder pro 100 qcm Fläche die Silbermenge von 0,0110 g für die Opazität = 1. Diese Zahl nähert sich also sehr dem Befunde für Eisenoxalat-Entwickler.

Bei nassen Kollodionplatten werden dieselben Opazitäten mit geringeren Quantitäten Silber erzielt, als bei Bromsilber-Gelatineplatten; z. B. geben 0,007 g metallisches Silber pro 100 qcm den Schwärzungsgrad 1, während in Form von Bromsilbergelatine 0,011 g notwendig sind. Kohärentes Silber in Form von versilberten Glasspiegeln ist relativ noch undurchlässiger gegen Licht; denn nach Eders Analysen wird die Opazität 1,5 bereits durch 0,0039 g Silber, die Opazität 2,0 durch 0,0052 g Silber bewirkt. Der molekulare Zustand der metallischen Silberschicht ist also von Einfluß auf die Opazitätsverhältnisse.

Besteht das photographische Silberbild nicht aus reinem metallischen Silber, sondern fallen die Oxydationsprodukte des Entwicklers (z. B. bei Pyrogallol) als braungelbes Farbstoffbild an die Silberbildstellen an, so ist zur Erzielung derselben optischen Opazität weniger Silber erforderlich, als beim Eisenoxalat; z. B. entsprechen 0,0104 g mittels Pyrogallol reduzierten Silbers pro 100 qcm der Opazität = 1.

III. Bestimmung des Schleiers photographischer Platten.

Unter „Schleier“ beim Entwickeln photographischer Platten versteht man die Silberreduktion, welche die nicht belichtete Schicht photographischer Platten beim Behandeln mit Entwicklersubstanzen erleidet. „Schleierlose“ Platten bleiben während der normalen Dauer der Entwicklung (z. B. 5—10 Minuten) an den unbelichteten Stellen vollkommen intakt. Ein geringer Schleier, welchen die hochempfindlichen Bromsilbergelatineplatten des Handels fast immer aufweisen, gilt in der Praxis mit Recht als vollkommen unschädlich. Starke Schleier aber sind unzulässig und schädigen die Qualität der Negative.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Eine vollständig schleierlose Platte zeigt die Schwärzung = 0.

Nach Eders Messungen ist ein Schleier, welcher die Schwärzung 0,1 aufweist (durchschnittlich ganz unschädlich in der Praxis) als sehr gering zu bezeichnen. Auch Schleier von der Schwärzung = 0,2 ist noch nicht störend und die Platten können immer noch als genügend klar arbeitend bezeichnet werden, während Platten mit einer größeren Schwärzung als 0,3 schon als mittelmäßig schleierig zu bezeichnen wären und Schwärzungen von 0,6 und 0,7 schon sehr starke Schleier repräsentieren, welche die Kopierdauer, sowie Gradation der Negative stark beeinflussen.

Die Schleierbildung hängt von der Art der photographischen Schicht, von der Art, Zeitdauer und Temperatur des Entwicklers ab. — Es lassen sich charakteristische Schleierkurven mit Berücksichtigung von Temperatur und Entwicklungsdauer konstruieren, was wichtig für die Prüfung von Entwicklersubstanzen und Platten ist[1]).

IV. Konstruktion der charakteristischen Kurve oder Schwärzungskurve.

Um die Beziehungen zwischen Belichtungszeiten, respektive Lichtmengen und der hierdurch bedingten Reduktion photographischer Platten im Entwickler übersichtlich auszudrücken, wird am besten der Weg der graphischen Darstellung eingeschlagen, und zwar in der zuerst von Hurter und Driffield angegebenen Art und Weise. Man erteilt einer photographischen Platte mit der Normallampe eine Reihe verschieden starker Belichtungen, wobei die sukzessive einwirkenden Lichtintensitäten eine geometrische Reihe bilden, und trägt in ein Koordinatennetz die Logarithmen dieser Intensitäten (respektive der Lichtmengen) als Abszissen, die entsprechenden Schwärzungszahlen (Logarithmen der Undurchlässigkeit der Silberschichten gegen Licht) als Ordinaten ein und verbindet die gefundenen Punkte durch eine Kurve. Die so erhaltene Kurve nennt man „charakteristische Kurve“ oder „Schwärzungskurve“ einer photographischen Platte. Das steilere oder mäßigere Ansteigen dieser Kurve repräsentiert die „Gradation“ der Platte.

Eders Sensitometriesystem gestattet ebenso bequem als präzise die Konstruktion der Schwärzungskurve, wenn man das Koordinatennetz von Fig. 125[2]) benutzt. Als Abszissen sind die Grade des Scheiner-

1) Vgl. Eder, Phot. Korresp. 1899; ferner Andresen ebenda.

2) In Fig. 125 wurde wegen des Platzersparnisses mit Sensitometernummer 12 (links) begonnen; bei meinem Original-Koordinatennetz ist mit 20° Scheiner bei 1 m Abstand (im Nullpunkte des Koordinatennetzes) begonnen worden.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

schen Sensitometers eingetragen beim Benzinkerzenabstand 1 m und 1 Minute Exposition im Scheinerschen Sensitometer, ferner bei $^1/_{2,94}$ m Lichtabstand und 1 Minute lange, sowie 14 Minuten 24 Sekunden dauernde Belichtung. In der Regel findet man mit einer Belichtung von 1 Minute bei $^1/_{2,94}$ m Lichtabstand vollkommen das Auslangen. Man mißt die

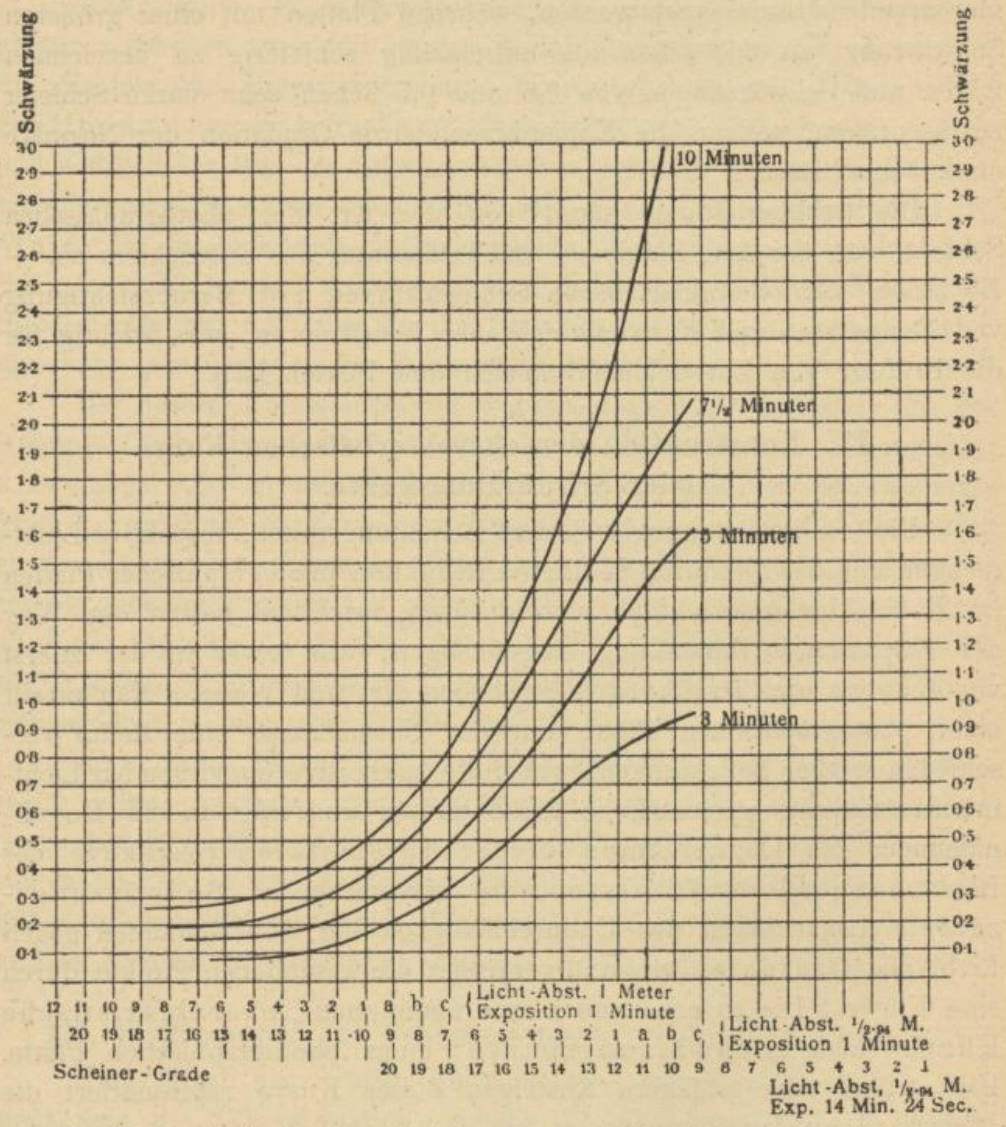


Fig. 125. Konstruktion der charakteristischen Kurve nach Eders System der Sensitometrie.

Schwärzung der Felder Nr. *c*, *b*, *a*, 1 bis 20, und trägt an den bezeichneten Stellen die ermittelten Schwärzungszahlen als Ordinaten auf.

Auf diese Weise ist z. B. in Fig. 125 dargestellt, wie eine Bromsilbergelatine-Trockenplatte des Handels (Langer-Platte) nach 3—10 Minuten langer Entwicklung im Eisenoxalat-Entwickler progressiv geschwärzt wird. Ganz ähnlich verhielten sich bei meinen Proben Schleußner-Platten.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Zeigen die Platten beim Entwickeln einen merklichen Schleier, so muß berücksichtigt werden, daß die Schwärzung jedes Sensitometerfeldes in einem gewissen Verhältnisse durch die Schwärzung des Hintergrundes (Schleier) beeinflußt wird. Sei die Schwärzung des Schleiers $= s'$ und jene eines Sensitometerfeldes s'', so muß man die Ordinate s'' um s' vermindern und erhält dann die Schwärzungskurve exklusive Schleier.

Die exklusive Schleier konstruierten Schwärzungskurven laufen naturgemäß nicht parallel den inklusive Schleier ermittelten Schwärzungskurven, wenn man Parallelkurven solche nennt, die in der ihnen senkrechten Richtung überall gleichen Abstand haben.

Eine einfache Methode zur Konstruktion von Schwärzungskurven photographischer Platten gab Fritz Weigert an (Deutsche Physik Gesellsch., Bd. XII). Er kopiert die photographische Platte unter einem quadratischen Seidenpapierskalenphotometer. Das entwickelte Negativ wird mit dem in gekreuzter Lage darübergelegten Originalphotometer auf eine lichtempfindliche Platte oder Bromsilberpapier kopiert, wodurch sich eine gebogene Schattengrenze abbildet, welche die gesuchte Schwärzungskurve darstellt (Eders Jahrb. f. Phot. 1911).

Die Schwärzungskurve photographischer Platten besteht aus drei deutlich unterscheidbaren Teilen:

1. Das untere, anfangs stark gekrümmte und dann allmählich der Horizontalen sich nähernde Stück repräsentiert die Periode der kurzen Belichtungen oder die Periode der Unterexposition. In dieser Periode erfolgt bei Bromsilbergelatineplatten mit Hervorrufung (als Normalentwickler dient Eisenoxalat) die Schwärzung annähernd proportional der einwirkenden Lichtmenge[1]).

2. Das nahezu geradlinige Mittelstück der Schwärzungskurven entspricht im allgemeinen der Periode der richtigen Exposition oder korrekten Aufnahmezeit. In dieser Periode ist die Schwärzungszunahme der Bromsilberplatten im Entwickler annähernd proportional der Zunahme des Logarithmus der einwirkenden Lichtmenge.

3. Das obere gekrümmte Ende der Kurve stellt die Periode der Überexposition vor, bei welcher weitere Lichtwirkung keine merkliche Zunahme der photographischen Schwärzung beziehungsweise einen Rückgang derselben herbeiführt[2]).

---

1) Zuerst angegeben von Hurter und Driffield (Eders Jahrbuch f. Phot. 1893, S. 20).

2) Daran schließt sich die Periode der Solarisation (siehe Eders Handbuch, Bd. II, 2. Aufl., S. 72), auf welche an dieser Stelle nicht weiter eingegangen werden soll.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Bei den Bromsilbergelatineplatten mittlerer Empfindlichkeit tritt die Periode der Unterexposition zwischen 0,1 und beiläufig 1—3 Sekunden-Meter-Kerzen und darüber ein.

Dann kommt ein annähernd gerades Stück der Kurve (Periode der normalen Exposition), welche z. B. bis 20 Sekunden-Meter-Kerzen sich erstreckt; dann biegt sich die Kurve (nähert sich der Periode der Überexposition). Diese Zahlen sollen nur als Beispiel gelten, haben aber keine absolute Gültigkeit, weil sie mit der Entwicklungsart schwanken.

Bei sogenannten weich (zart) arbeitenden Trockenplatten ist dabei der Proportionalitätsfaktor klein, bei hart, kräftig und kontrastreich arbeitenden Platten ist er größer, die Kurve steigt steiler auf.

V. Spielraum der Belichtung im Zusammenhang mit der charakteristischen Kurve.

Die Lichtintensitäten des Visierscheibenbildes einer sonnenbeschienenen Landschaft vom tiefsten Schatten bis zum Himmelslicht erstrecken sich nach Hurter und Driffield (Eders Jahrbuch f. Phot. 1894, S. 157) von der relativen Helligkeit im tiefsten Schatten = 1 bis 30 im hellsten Lichte. Ein größeres Intervall fand Abney, der den Himmel einer Landschaft 90 mal heller fand als die tiefsten Schatten (Journ. of the Camera Club 1894, S. 93).

Mindestens in diesen Grenzen sollen also photographische Platten eine Wiedergabe von Licht und Schatten gestatten und womöglich noch einen größeren Spielraum der Belichtung.

Die richtige Wiedergabe von Licht und Schatten in einem Negativ hängt von der Belichtungszeit ab, welche in der Periode der normalen Exposition, also in dem annähernd geraden Stück der charakteristischen Kurve liegt; dieses gerade Stück ist nicht bei allen Plattensorten und nicht bei jeder Entwicklerart gleich lang; somit variiert hierdurch der Spielraum der Belichtung.

Hurter und Driffield definieren den Spielraum der Belichtungszeit in nachfolgender Weise:

Nehmen wir einmal an, das gerade Stück der Kurve umfaßt die Expositionen von 1 bis E; liegen außerdem die Lichtintensitäten, welche photographiert werden sollen, zwischen den Grenzen 1 und J, so reicht der Spielraum der Exposition von 1 bis $\frac{E}{J}$ und es wird innerhalb dieser Grenzen jede Exposition Negative liefern, welche, wenn sie in demselben Entwickler gleich lange entwickelt werden, Negative ergeben, durch welche man identische Kopien erhält. Gesetzt den Fall, es erstrecke sich das gerade Stück ihrer charakteristischen Kurve etwa

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

von der Exposition 1 *SMK* bis zu der Exposition 80 *SMK*, d. h. von 1 bis 80. Nimmt man an, daß ein Gegenstand mit dieser Platte photographiert wird, der aber von diffusem Lichte beleuchtet wird und dessen Lichtintensitäten von mattem Schwarz bis zum Weiß oder noch stärker, etwa von 1 : 20 wechseln, so wird die Platte bei Expositionen von 1 bis 4 Negative liefern, welche hinsichtlich ihrer Kopierfähigkeit nahezu identisch sind, obgleich sie sämtlich gemeinsam entwickelt wurden. Kommt es auf eine kleine Abweichung von der Naturtreue nicht an, so daß man den zwischen den Expositionen 0,312 und 160 *SMK* liegenden Teil der charakteristischen Kurve noch als hinreichend genau ansieht, die Expositionsgrenzen also 1 und 512 sind, so hat man für denselben Gegenstand einen Spielraum der Exposition von $\frac{512}{20} = 25$, und es wird sich in den Negativen nur ein sehr geringer Unterschied zeigen, besonders dann, wenn für die kürzeren Expositionen die Entwicklungszeit verlängert wird. Für eine Sonnenlicht-Landschaft würde der Spielraum der Exposition $\frac{512}{30} = 17$ sein.

VI. Messung der Schwärzung photographischer Platten.

Zusammenhang zwischen Lichtundurchlässigkeit einer photographischen Schicht und der Schwärzung derselben. Wird Licht von der Intensität 1 mit der gleichen Intensität (also ungeschwächt) die photographische Schicht passieren, so ist ihre Undurchlässigkeit = 1, die Schwärzung = 0. Wird Licht von der Helligkeit 1 durch die Schicht auf $^1/_{10}$ geschwächt, so ist ihre Undurchlässigkeit = 10, und der Logarithmus von 10, welcher = 1 ist, gibt die „Schwärzung“ an usw. Die Schwärzung guter, gewöhnlicher, kontrastreicher Negative liegt zwischen der Grenze 0 und 2,5, die äußerste Schwärzung eines Landschaftsnegatives (am Himmel) beträgt gewöhnlich 2; die stärkste Schwärzung in den Lichtern bei zarten Porträtaufnahmen ist durchschnittlich 1,5. Nachfolgende Tabelle gibt die Zusammenstellung der Lichtundurchlässigkeit einer photographischen Schicht mit der dazu gehörigen Schwärzung.

Die Messung der Schwärzung (s. S. 200) einer photographischen Platte, welche stufenweise ansteigend belichtet und unter bestimmten Entwicklungsverfahren hervorgerufen wurde, ist für sensitometrische und photometrische Messungen, ferner zur Ermittlung der sog. Schwärzungskurven photographischer Platten oder ihrer Gradation, ihrer Neigung zur Schleierbildung, der Wirkung verschiedener Entwickler, Verstärker und Abschwächer sehr wichtig.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Lichtundurchlässigkeit	Opazität oder Schwärzung (Logarithmus der Undurchlässigkeit)	Lichtundurchlässigkeit	Opazität oder Schwärzung (Logarithmus der Undurchlässigkeit)
1000	3,0	15,9	1,2
500	2,7	14,1	1,15
316	2 5	12,6	1,1
250	2,4	11,2	1,05
200	2,3	10,0	1,0
160	2,2	9,0	0,95
141	2.15	8,0	0,9
126	2,1	7,1	0,85
112	2,05	6,3	0,8
100	2,0	5,6	0,75
89	1.95	5,0	0,7
79,5	1,9	4,5	0,65
70,8	1,85	4,0	0,6
63,0	1.8	3,5	0,55
56,3	1,75	3,2	0,5
50,0	1,7	2,8	0,45
44,7	1,65	2,5	0,4
40,0	1,6	2,2	0,35
35,5	1,55	2,0	0,3
31,6	1,5	1,8	0,25
28,2	1,45	1,6	0,2
25,1	1,4	1,4	0,15
22,4	1,35	1,26	0,1
20,0	1,3	1,0	0,0
17,8	1,25		

Die Opazität einer photographischen Platte kann durch Messung der Lichtabsorption in irgend einem Photometer oder auf der optischen Bank vorgenommen werden. Man bestimmt die Relation des auffallenden zum durchgelassenen Licht $\left(\frac{J}{J'}\right)$; der Logarithmus dieses Bruches ist dann die Schwärzungszahl des Silberniederschlages (s. S. 190 und 191).

Bei rein grauen Silberniederschlägen ist die optisch ermittelte Schwärzung (Dichtigkeit) annähernd proportional der Deckkraft (Dichtigkeit) beim photographischen Kopierprozeß; bei bräunlichen Schichten wird die photographische Dichtigkeit relativ größer.

Man wird deshalb in der Regel trachten, grauschwarze Silberniederschläge auf der photographischen Platte zu erzielen, was am leichtesten mit dem Eisenoxalatentwickler[1]) gelingt.

1) Eders Normal-Eisenoxalatentwickler wird folgendermaßen hergestellt: Lösung A: 1 Teil neutrales Kaliumoxalat in 4 Teilen Wasser. Lösung B: 1 Teil Eisenvitriol, 0,01 Teil Zitronensäure, 3 Teile Wasser. — Unmittelbar vor dem Gebrauche mischt man 4 Vol. der Lösung A mit 1 Vol. der Lösung B. Zusatz von etwas Bromkaliumlösung zum Entwickeln schleiriger Platten bewirkt größere Klarheit.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Die Undurchsichtigkeits-Messungen photographischer Platten im Weberschen oder ähnlichen Photometern sind in hohem Grade zeitraubend.

Spezielle Apparate zur Messung der Opazität photographischer Platten geben weit rascher sehr zuverlässige Resultate. Hierher gehört insbesondere das Martensche Polarisationsphotometer, das Hartmannsche Mikrophotometer und der „Densograph" von Goldberg.

Die Silberniederschläge photographischer Negative, welche ein Konglomerat kleiner Metallpartikelchen sind, absorbieren nicht nur das auffallende Licht, sondern sie machen auch einen großen Teil davon diffus [Abney[1]), Chapman Jones[2]), A. Callier[3])]. Die Lichtzerstreuung steht in Beziehung zur Größe des Kornes des Silberniederschlages. Auch der etwa vorhandene Schleier photographischer Negative wirkt wie ein zerstreuendes Medium[4]). Es ist von Wichtigkeit, die Schwärzungsmessungen photographischer Schichten in diffusem Licht vorzunehmen.

E. S. King untersuchte die Absorption photographischer Keile („Ann. of Harv. Coll. Observ." 41, S. 237 bis 247, 1902). King beschreibt hier eingehend, wie er für Photometer zur Bestimmung von Sterngrößen photographische Keile herstellt, die von einem Ende bis zum anderen eine zunehmende Dichtigkeit des Silberniederschlages besitzen und dementsprechend an den verschiedenen Stellen das Licht verschieden gut durchlassen. Eingehend bespricht er die Bestimmung der Konstanten der Keile usw. Nach seinen Untersuchungen scheint die Lichtabsorption eines photographischen Niederschlages außerordentlich mit dem Abstand der Lichtquelle zu variieren, während das nicht der Fall ist bei der Absorption durch ein Rauchglas. Dieses Verhalten des photographischen Niederschlages möchte King durch die Lichtzerstreuung an den Silberpartikelchen erklären (Beibl. z. d. „Annal. d. Physik" 1903, Nr. 3, S. 240). Eders Jahrb. f. Phot. 1904, S. 401.

---

1) Journ. of Soc. Chem. Industry, Juli 1890.

2) Phot. Journal 1898.

3) Zeitschr. f. wiss. Phot. 1909, S. 257.

4) Beim Kontaktdruck photographischer Negative im Kopierrahmen geht das zerstreute Licht nicht verloren. Beim Vergrößerungsverfahren in der Laterne werden die Bildkontraste vergrößert, weil an den dichteren Stellen das Licht teilweise zerstreut wird und nicht in seinen Gängen ins Objektiv gelangt, während an den glasigen, durchsichtigen Stellen des Negativs der Lichtverlust durch Zerstreuung nahezu Null ist (Callier).

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

1. Martens' Schwärzungsmesser mittels eines Polarisationsphotometers.

Im Jahre 1900 konstruierte Martens ein Polarisationsphotometer[1]), dessen wichtigsten Teile ein Zwillings- und Wollaston-Prisma sind. Im Jahre 1901 gab Martens[2]) diesem Apparate eine Form, welche ihn besonders geeignet zur Untersuchung der Lichtschwächung einer photographischen Platte macht und die unmittelbare Bestimmung der Schwärzung derselben gestattet. Der Apparat wird von Schmidt & Haensch in Berlin ausgeführt. Fig. 126 zeigt die Außenansicht von Martens' Schwärzungsmesser.

Das Milchglas M wird durch eine in die Nähe gestellte Lampe beleuchtet. Die zu untersuchende absorbierende Platte, z. B. eine geschwärzte Trockenplatte, wird bei P auf die große horizontale Tischplatte des Apparates gelegt. Über der zu untersuchenden Platte befindet sich das Polarisationsphotometer N. Von M gehen zwei Lichtbündel aus; das eine gelangt direkt in die eine Öffnung c des Polarisationsphotometers (s. Fig. 126), das andere nach Durchgang durch die photographische Platte in die andere Öffnung i des letzteren.

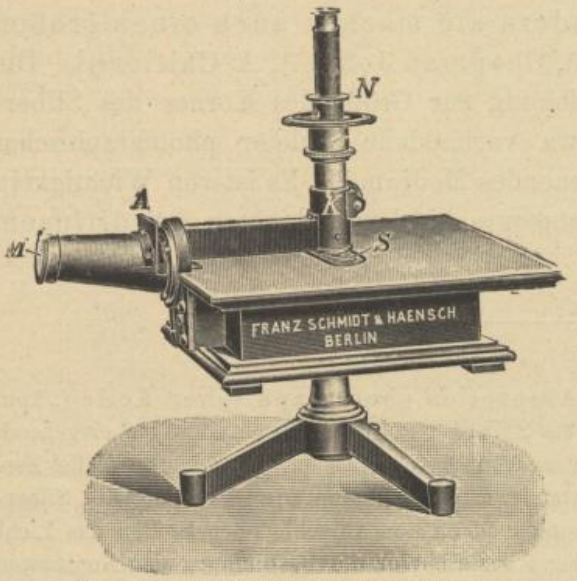


Fig. 126. Absorptionsmesser nach Martens.

Bei S ist ein Schieber angebracht, welcher gestattet, ein Milchglas in den Strahlengang zu schieben. Die gemessene Absorption ist dann vielmal geringer als ohne dies Milchglas, weil ein engbegrenztes Lichtbündel durch eine geschwärzte Trockenplatte zum großen Teil diffus zerstreut wird, eine Ursache der Lichtschwächung, welche bei Anwendung des Milchglases wegfällt.

Fig. 127 zeigt die innere Einrichtung des Apparates. Eine Lampe[3]) beleuchtet das Milchglas m. Das von m ausgehende Strahlenbündel 2 tritt nach Reflexion an der versilberten Hypotenusenfläche von p, kon-

1) Vgl. Winkelmann, Handb. d. Physik, 2. Aufl., VI, 2. Optik. 1906 S. 769. — Physik. Zeitschr. 1900, S. 299.

2) Phot. Korresp. 1901, S. 528.

3) Es empfiehlt sich, während einer Messungsreihe die Lampe in konstantem Abstande von der Milchglasplatte zu halten.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

vergent gemacht durch die Linse l, durch die Öffnung c in das eigentliche Photometer ein. Das von m ausgehende Strahlenbündel 1 wird im Prisma q reflektiert, durchläuft die zu untersuchende Platte P und tritt schließlich in die Öffnung i des Photometers ein. Dem Beobachter erscheinen die Felder 1 bezw. 2 des Zwillingsprismas durch die Öffnungen i bezw. c hindurch beleuchtet; durch Drehen des Analysatornikols N stellt der Beobachter gleiche Helligkeit der Vergleichsfelder her und liest dann an dem Teilkreise K mittels des Index J den Winkel α' ab, um welchen das Analysatornikol N aus der Stellung, in welcher das Feld 1 ausgelöscht war, herausgedreht worden ist.

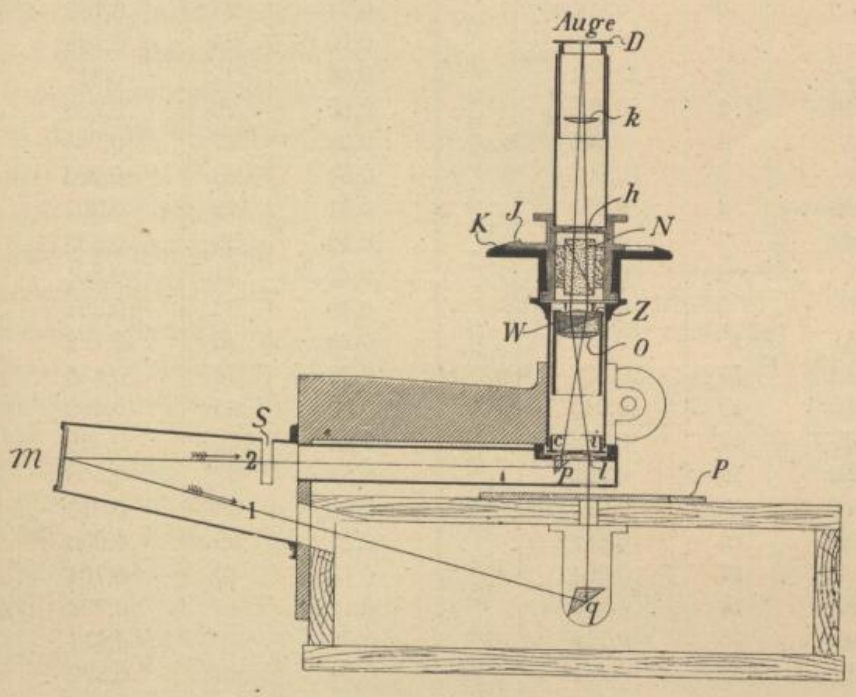


Fig. 127. Martens' Schwärzungsmesser.

Die Lichtmenge J, welche durch die Öffnung i in das Photometer eingetreten ist, berechnet sich nach der Formel:

$$J = c \operatorname{cotg}^2 \alpha' \quad \ldots \ldots \ldots \quad 1.$$

Legt man eine photographische Platte auf den Tisch, so wird das Lichtbündel 1 geschwächt, die in i eintretende Lichtmenge sei jetzt J'. Dann ist

$$J' = c \operatorname{cotg}^2 \alpha' \text{ und}$$

$$\frac{J}{J'} = \frac{\operatorname{tg}^2 \alpha'}{\operatorname{tg}^2 \alpha'} \quad \ldots \ldots \ldots \quad 2.$$

Wird J' bei stark geschwärzten Platten sehr klein, dann wird α' nahezu 90^0; dann ist die Ablesung viel ungenauer als die Einstellung. Um diesen Übelstand zu vermeiden, schaltet man in das Strahlenbündel 2

eine in den Schlitz S gestellte, passend geschwärzte Trockenplatte ein (Phot. Korr. 1901, S. 529).

Die nachfolgende von Eder berechnete Tabelle[1]) enthält die Werte $tg^2 \alpha$ und die dazu gehörigen Schwärzungen der photographischen Schicht:

Schwärzung (Logarithmus der Undurchlässigkeit)	α	$tg^2 \alpha =$	P. P.	Schwärzung (Logarithmus der Undurchlässigkeit)	α	$tg^2 \alpha =$	P. P.
—	0°	0,000		0,74	23°	0,180	17
—	1	0,000	0	0,70	24	0,198	18
3,0	2	0,001	1	0,66	25	0,217	19
2,52	3	0,003	2	0,62	26	0,238	21
2,3	4	0,005	2	0,58	27	0,260	22
2,1	5	0,008	3	0,54	28	0,283	23
1,96	6	0,011	3	0,51	29	0,307	24
1,82	7	0,015	4	0,48	30	0,333	26
1,7	8	0,020	5	0,43	31	0,361	28
1,6	9	0,025	5	0,40	32	0,391	30
1,51	10	0,031	6	0,36	33	0,422	31
1,42	11	0,038	7	0,32	34	0,455	33
1,31	12	0,045	7	0,30	35	0,490	35
1,27	13	0,053	8	0,26	36	0,528	38
1,21	14	0,062	9	0,23	37	0,568	40
1,14	15	0,072	10	0,20	38	0,610	43
1,08	16	0,082	10	0,17	39	0,656	45
1,03	17	0,094	12	0,15	40	0,704	48
0,97	18	0,106	12	0,12	41	0,756	52
0,92	19	0,119	13	0,08	42	0,811	55
0,88	20	0,132	13	0,04	43	0,870	59
0,83	21	0,147	15	0,00	44	0,933	63
0,78	22	0,163	16	0,00	45	1,000	67

Beispiel: Das Polarisationsphotometer sei zu Beginn des Versuches auf 0 eingestellt. Nach dem Einschieben einer geschwärzten photographischen Platte muß der Nikol bei N um 20° ($\alpha = 20°$) gedreht werden. Dies entspricht einer Schwärzung der photographischen Platte = 0,88 (Logarithmus der Undurchlässigkeit).

Maximowitsch änderte die Konstruktion des Martensschen Apparates[2]) dadurch, daß die lichtzerstreuende Milchglasplatte, welche sonst das Licht indirekt von einer zweiten entfernten Milchglasplatte bekam, direkt von einer fünf Kerzen starken Glühlampe beleuchtet wurde. Um

1) Phot. Korresp. 1902, S. 500.
2) Phot. Korresp. 1909, S. 587.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

jedoch das Vergleichsfeld des Photometers zu erhellen, wird eine zweite Lampe verwendet. Gegen die Benutzung zweier elektrischer Lampen ist nichts einzuwenden, wenn sie in dieselbe Leitung eingeschaltet sind; andererseits wird aber die Messung dadurch wesentlich erleichtert. Man bekommt nämlich solch ein helles Gesichtsfeld, daß die Absorption der dunkelsten Schichten mit Leichtigkeit gemessen werden kann. Außer zur Messung von photographischen Platten läßt sich der von Maximowitsch abgeänderte Apparat auch zur Messung der Lichtdurchlässigkeit verschiedener Papiersorten photographischer Papierbilder vortrefflich benutzen.

Fig. 128 zeigt den Schnitt des Maximowitschschen Absorptionsmessers, G_1 und G_2 sind die beiden Lampen, M_1 und M_2 die Milchglasplatten; L_3 eine Linse, welche die zu untersuchende Platte deutlich zu sehen gestattet.

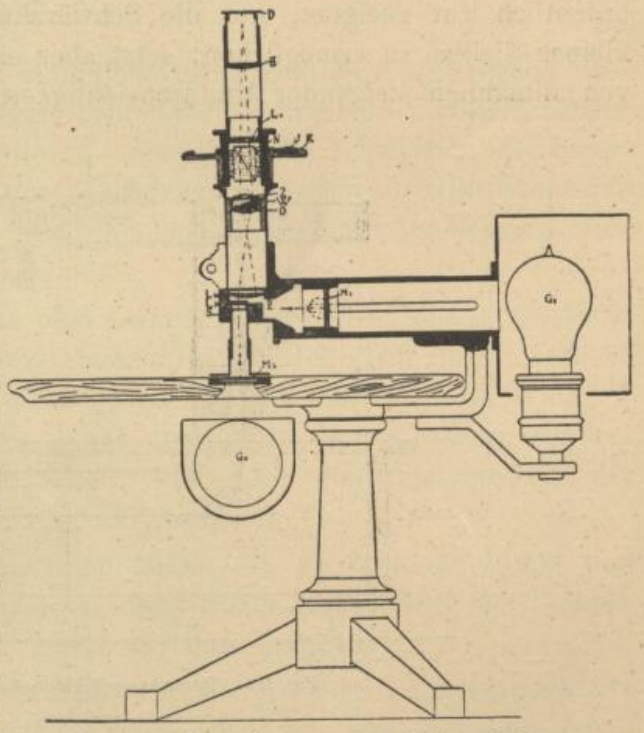


Fig. 128. Absorptionsmesser von Maximowitsch.

Martens beleuchtet seinen Schwärzungsmesser mit diffusem Lichte. Paralleles direktes Licht würde andere Resultate geben, wie Callier (Eders Jahrb. für Phot. 1910, S. 451) angibt: Mißt man mittels des Martensschen Polarisationsphotometers in parallelem Licht (Projektionslampe mit Nernstlampe), so erhält man andere Werte für die Dichte der Platten als mit diffusem Lichte.

Der Grund dafür ist, daß der Silberniederschlag als zerstreuendes Medium wirkt. Betrachtet man die Schicht als gebildet aus einer unendlichen Reihe von äußerst dünnen Elementarschichten, so ist es klar, daß die Elementarschichten, die dem einfallenden Lichte zugekehrt liegen, das Lichtbündel ein wenig zerstreuen, und daß die folgenden Schichten von teilweise zerstreutem Lichte beleuchtet werden. (Mit anderen Worten: Das Beersche Gesetz, das eine feste Beziehung zwischen der Schichtdicke und dem Extinktionskoeffizienten aufstellt, gilt nicht für zerstreuende Medien.) Des weiteren wirkt der Schleier, der auf dem zur Ausführung der Empfindlichkeitsmessung dienenden Sensitometerstreifen vorhanden sein kann, wie ein zerstreuendes Medium. Jeder Einfluß des Entwicklers auf die Korngröße des reduzierten Silbers muß in derselben Weise wirken. Wir kommen also zu dem Schlusse, daß alle Untersuchungen über die Gesetze, welche die Wirkung des Lichtes auf die photographische Platte beherrschen, auf Messungen der Dichte in diffusem Lichte beruhen müssen.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

So erklärt es sich auch, daß Vergrößerungen von Negativen im Projektionsapparat eine andere Gradation besitzen, als die Kontaktdrucke; der Kontaktdruck ist stets weicher, es sei denn, daß man beim Vergrößern ein Opalglas einschaltet und ohne Kondensor beleuchtet.

F. Monpillard konstruierte einen „Opacimètre Comparateur", d. i. ein Dichtigkeitsmesser im Prinzipe der Polarisationsphotometer, welcher dem Martens-Polarisationsphotometer ähnlich ist. Diesen Apparat bringt Nachet in Paris in den Handel („Bull. de la Soc. franç." 1903, S. 298).

2. Hartmanns Mikrophotometer.

Das von J. Hartmann konstuierte Mikrophotometer[1]) ist außerordentlich gut geeignet, um die Schwärzung großer oder auch sehr kleiner Stellen zu ermöglichen, setzt aber eine genau gemessene Skala von allmählich steigender Undurchsichtigkeit voraus.

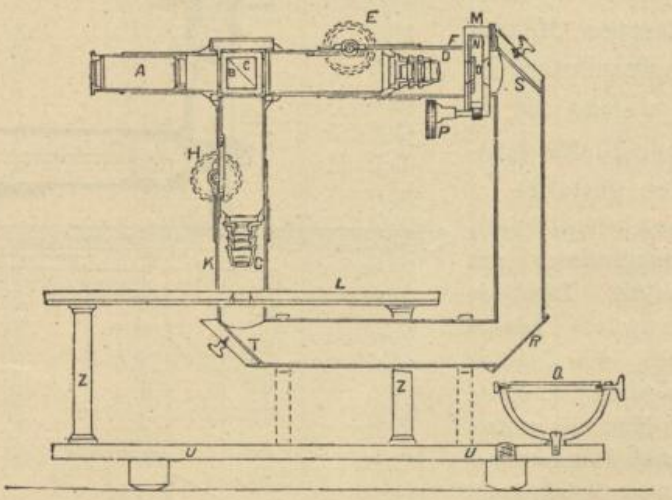


Fig. 129. Hartmanns Mikrophotometer.

In Fig. 129 ist ein vertikaler Durchschnitt desselben gegeben. Parallel zu einer horizontalen Grundplatte U wird von vier Säulen Z ein in der Mitte durchlochter runder Tisch von 25 cm Durchmesser, auf welchen die photographische Platte gelegt wird, getragen. Senkrecht über der Tischöffnung befindet sich das Objektiv eines gebrochenen Mikroskopes ABC, welches ein scharfes Bild des Plattenkornes in der Mitte der Basis des rechtwinkligen Reflexionsprismas B entwirft und mit dem Okular A beobachtet werden kann.

Das Prisma besitzt die von Lummer und Brodhun[2]) angegebene Einrichtung.

---

1) Eders Jahrb. f. Phot. 1899, S. 106.

2) Vgl. „Zeitschrift für Instrumentenkunde", 9, 1889, S. 23.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

In D befindet sich ein zweites, genau gleiches Mikroskopobjektiv G, welches mittels des Triebes E auf die Schicht einer in O befindlichen Platte so eingestellt werden kann, daß das Bild ebenfalls in der Mitte des Doppelprismas liegt. In das Okular A sehend, wird man demnach in der Mitte des Gesichtsfeldes ein kleines Stück der auf den Tisch L gelegten Platte erblicken, während rings das übrige Gesichtsfeld vom Bilde der Platte O erfüllt wird.

Die Platte O ist der eigentlich messende Teil, man kann sie als einen auf photographischem Wege hergestellten Photometerkeil bezeichnen, welcher in der Längsrichtung der Platte eine gleichmäßig zunehmende Schwärzung zeigt.

Diese Keile stellte man mittels des älteren Scheinerschen Sensitometers (Fig. 106) her, dessen rotierende Scheibe eine ununterbrochene Kurve enthielt. Der Keil wird in einem Schieber N befestigt, der innerhalb des Rahmens M durch den Zahntrieb G senkrecht zur Mikroskopachse verschoben werden kann. Die Stellung des Schiebers im Rahmen wird an einer Millimeterteilung abgelesen.

Als Lichtquelle diente eine Lampe, die ihr Licht direkt senkrecht auf die Platte R wirft. Schwankungen in der Helligkeit der Lichtquelle sind auf die Messungen ohne jeden Einfluß. Die Spiegel S und T können zur Reinigung bequem aus den Rohren herausgezogen werden. Um alles Seitenlicht fernzuhalten, sind über die Objektivenden der Mikroskope noch Hülsen F und K geschoben.

Auf den Tisch L legt man zuerst die zu prüfende Platte und verschiebt den Keil so lange, bis diese Stelle in der Mitte des Prismas genau dieselbe Schwärzung zeigt, wie ihre Umgebung.

Durch Vergleich des Skalenwertes des jeweiligen Photometerkeiles im Hartmannschen Mikrophotometer wird mit dem tunlichst genau auf ihre Lichtundurchlässigkeit im Weberschen Photometer gemessenen Normalstreifen (entwickelten Bromsilbergelatineplatten) die Skala des Mikrophotometers geeicht.

Die nunmehr mittels des Mikrophotometers ablesbare Undurchlässigkeit photographischer, entwickelter und fixierter Platten geben mit geringer Mühe Zahlen der Opazität von sehr hoher Genauigkeit, welche wohl die bisher gemachten Messungen dieser Art an Sicherheit übertreffen.

Dieser Apparat gestattet die Messung sehr kleiner Flächen und ist deshalb für Zwecke der astronomischen Photometrie an Sternphotographien usw. eben so gut brauchbar, wie für gewöhnliche sensitometrische Zwecke der angewandten Photographie.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

3. Der Densograph.

Unter dem Namen Densograph konstruierte E. Goldberg einen Registrierapparat zur Messung der Schwärzung photographischer Platten zunächst für technische Zwecke.[1]) Dem Goldbergschen Apparat (Fig. 130, 131, 132) liegt das folgende Prinzip zugrunde:

Auf einem Schlitten, der die ganze Breite der Plattform einnimmt, befindet sich einerseits ein Vergleichskeil und andererseits die Schreibfläche, auf der ein Papierblatt m mit aufgedrucktem Koordinatennetz mit Hilfe der Flachfeder n aufgespannt wird. Rechtwinklig zur Bewegungsrichtung des Schlittens d ist ein zweiter Schlitten k beweglich, der den auszumessenden Streifen der photographischen Platte u trägt. Dieser Streifen wird in einer bestimmten Lage durch die Federn v gehalten. Der Schlitten k kann einfach mit der Hand verschoben werden, wobei Verschiebungen von bestimmter Größe (5 oder 10 mm) durch am Schlitten angebrachte Einkerbungen, auf die eine Sprungfeder wirkt, erleichtert werden. Der große Schlitten m wird dagegen durch den Zahntrieb l, der mit einer Zahnstange in Verbindung steht, fein eingestellt. Am Kreuzungspunkt des Schlittens k mit dem Vergleichskeil ist ein Lummer-Brodhunscher Photometerwürfel b angebracht, der mit einer Blende s versehen ist, und dessen Felder durch die Lupe a beobachtet werden können. Der Strahlengang ist in der Fig. 131 veranschaulicht. Wird eine Stelle der Platte durch die Lupe a anvisiert, so kann man durch Verstellen des Keiles leicht beide Felder auf gleiche Helligkeit bringen. Da mit dem Verstellen des Keiles auch die Schreibfläche sich mitbewegt, so entsteht durch Niederdrücken des Schreibstiftes r ein Punkt an der Stelle des Koordinatennetzes, die einer bestimmten Dichte (Schwärzung) des Keiles entspricht. Wird nun der Schlitten k mit der Platte u ein Stück weiter verstellt, so

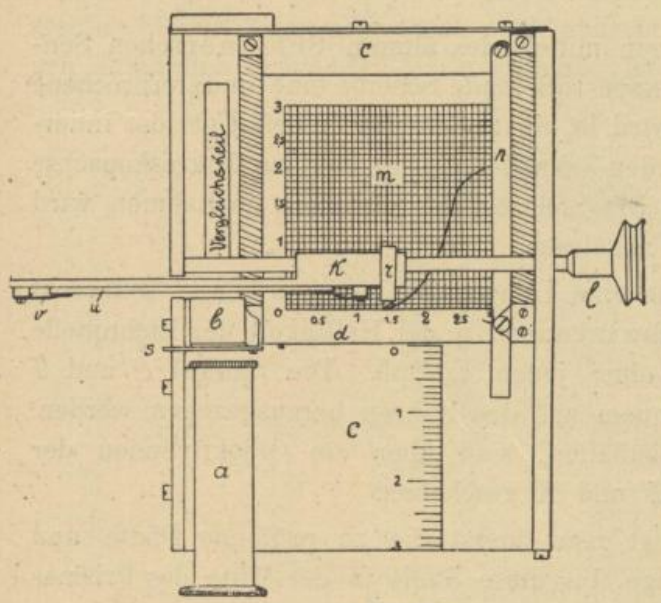


Fig. 130.

1) Eders Jahrb. f. Phot. 1910, S. 226.

bewegt sich dabei auch der Schreibstift r an eine andere Stelle. Hat die jetzt durch die Lupe sichtbare Stelle der Platte eine andere Schwärzung als die vorher gemessene, so muß der Keil (und mit ihm die Schreibfläche) entsprechend nachgestellt werden. Nach der Einstellung erfolgt durch Niederdrücken des Schreibstiftes r wiederum die automatische Festlegung des betreffenden Punktes auf der Schreibfläche. Nachdem die erforderliche Anzahl von Punkten auf dieselbe Weise festgelegt sind, wird das Papier aus dem Apparat herausgenommen und durch die Punkte mit der Hand eine Kurve gezogen. Diese Kurve ist die gesuchte Schwärzungskurve der Platte.

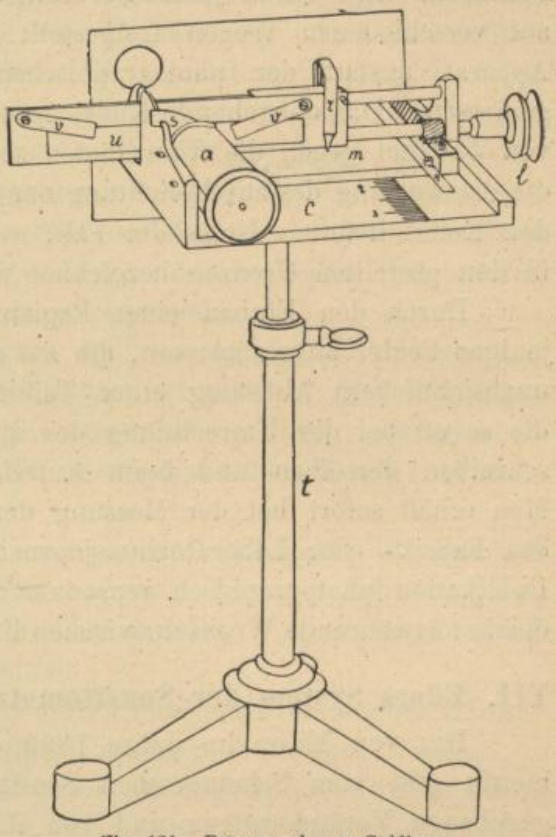


Fig. 131. Densograph von Goldberg.

Will man die Schwärzung irgend einer Plattenstelle ermitteln, ohne dieselbe zu registrieren, so liest man die gesuchte Dichte ohne weiteres nach erfolgter Einstellung des Keiles an der auf dem Tisch des Apparates befindlichen Teilung ab. Da diese Teilung direkt die Dichte angibt, so ist jede weitere Umrechnung der Zahlen, wie sie in anderen Apparaten notwendig ist, vermieden.

Jedes Modell des Apparates kann für eine bestimmte Länge der auszumessenden Platten gebraucht werden. Kleinere Platten können ohne weiteres in demselben Apparat ausgemessen werden, längere Platten müssen dagegen zerschnitten werden.

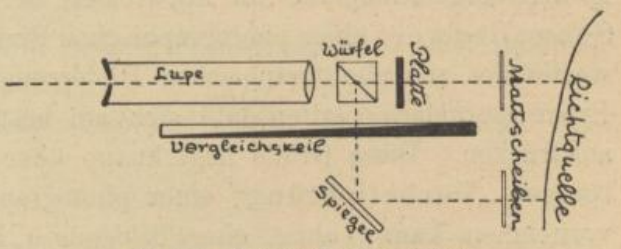


Fig. 132. Densograph von Goldberg.

Der Belichtungskeil hat eine Breite von 2 cm bei einer Länge von 6 cm. Die von seinen beiden Enden durchgelassenen Lichtstärken verhalten sich (ebenso wie im Vergleichskeil des Schwärzungsmessers) wie 1 : 1000. Infolge dieser langen Skala erhält man auch bei sehr flau

arbeitenden Platten ein vollkommen ausreichendes Stück der Kurve auf einer Platte.

Die Genauigkeit des Apparates wird auf eine ganz einfache Weise bestimmt. Ein genau justierter Keil, dessen Gradation mit Sicherheit auf verschiedenen Wegen festgestellt ist, wird in den zu prüfenden Apparat anstatt der photographischen Platte eingelegt und durchgemessen. Die entstehende Kurve muß eine Gerade mit einer Neigung von 45 Grad gegen die Koordinaten sein. Dasselbe Ergebnis soll auch die Auswertung des zur Belichtung der photographischen Platten dienenden Keiles liefern. Ist es der Fall, so kann der Apparat als fehlerfrei in den gestellten Grenzen bezeichnet werden.

Durch den Einbau einer Registriervorrichtung werden alle diejenigen Fehler ausgeschlossen, die auf einer falschen (absichtlichen oder unabsichtlichen) Ablesung einer Teilung beruhen, ferner alle Fehler, die so oft bei der Umrechnung der abgelesenen Zahlen, beim Niederschreiben derselben und beim Aufzeichnen der Kurven vorkommen. Man erhält sofort bei der Messung der Platten ein Diagramm, das in das Fabrik- oder Laboratoriumsjournal eingeklebt oder auch für eine Publikation photographisch reproduziert werden kann. Der so ermüdende fortwährende Wechsel zwischen Einstellung und Ablesung fällt weg.

VII. Eders System der Sensitometrie photographischer Platten.

Das von Eder im Jahre 1899 eingeführte System der Sensitometrie geht vom Scheinerschen Sensitometer mit den von Eder angegebenen Veränderungen und von ihm festgestellten photometrischen Konstanten aus. Es wurde im November 1899 der kaiserl. Akademie der Wissenschaften in Wien vorgelegt und in ihren Sitzungsberichten (Bd. 108, Abt. IIa) publiziert. Es beruht auf folgenden Grundlagen:

Die Lichtmenge, welche notwendig ist, um einen eben bemerklichen photographischen Effekt (z. B. erste Spur der Schwärzung einer Bromsilbergelatineplatte im Entwickler) hervorzurufen, nennt man den Schwellenwert einer photographischen Platte. Die Höhe des Schwellenwertes des zur photographischen Bilderzeugung nötigen Lichtreizes für Bromsilbergelatineplatten läßt sich am besten in Sekundenmeterkerzen ausdrücken. Diese Größe liegt knapp über der oberen Grenze der zulässigen „Vorbelichtung“ einer photographischen Platte, welche man vornehmen kann, ohne eine Bildspur („Belichtungsschleier“) zu erzielen[1]).

1) Da das Belichten einer Platte bis zum Vorbelichtungsmaximum mitunter ihre Empfindlichkeit günstig (wenn auch nur beschränkt und nicht in hohem Grade) beeinflußt (Eder, Handbuch der Photographie, 2. Aufl., I. Bd., Abt. 1, S. 313), so

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Wenn auch dieser Schwellenwert keine ganz konstante Größe ist (siehe unten bei „Abweichungen von der Reziprozitätsregel“ und „Effekt von intermittierender Beleuchtung“), so charakterisiert er doch in gewissen Grenzen die Lichtempfindlichkeit photographischer Platten. Während langer Zeit war die Messung der Lichtempfindlichkeit photographischer Präparate (die sogenannte Sensitometrie) nur auf der Bestimmung dieses Schwellenwertes des zur photographischen Bilderzeugung eben zureichenden Lichtreizes basiert, und dieser Vorgang entspricht auch zunächst den Bedürfnissen der praktischen Photographie. In neuerer Zeit wurden die Methoden der Sensitometrie wesentlich weiter ausgedehnt und bedürfen besserer Beobachtungsmittel, auf welche hier näher eingegangen werden soll.

Im allgemeinen nimmt man an, daß innerhalb weiter Grenzen den gleichen Produkten aus Lichtintensität (J) und Belichtungszeit (t) dieselben photographischen Wirkungen entsprechen (Bunsen-Roscoë-Gesetz[1]), auch photographische Reziprozitätsregel genannt).

Nach dieser Regel, welche bekanntlich beschränkte Wirksamkeit hat, muß bei photographischen Prozessen um so kürzer belichtet werden, je größer die Lichtintensität ist, und in der Tat wird dieser Vorgang in der Praxis gewöhnlich eingehalten.

Das Produkt $J.t$ gibt die auf die Flächeneinheit einfallende Lichtmenge, welche bei photographischen Prozessen in Betracht kommt.

Die Lichtempfindlichkeit von photographischen Platten wird entsprechend diesen einfachen Voraussetzungen umgekehrt proportional der bis zur Erreichung des ersten (schwächsten) Lichteindruckes erforderlichen Lichtmenge.

Bei der Bestimmung der Lichtempfindlichkeit (Sensitometrie) von Bromsilbergelatineplatten mit Hervorrufung kommt ihre Schwärzung im Entwickler in Betracht. Die Schwärzung photographischer Bromsilberplatten hängt ab:

1. von der Intensität und Wellenlänge des einwirkenden Lichtes;
2. von der Belichtungsdauer;
3. von der Lichtempfindlichkeit der Platte und der Dicke der sensiblen Schicht[2]);

---

ist die Kenntnis dieses Schwellenwertes auch in dieser Richtung erwünscht. — Über den Einfluß der Vorbelichtung auf die „photographische Photometrie der Gestirne“ s. Schwarzschild (Publikationen d. Kuffnerschen Sternwarte in Wien, 1900, C. S. 35).

1) Pogg. Annalen, 1862, Bd. 117, S. 529.

2) Vgl. „Über den Einfluß der Dicke der photographischen Emulsionsschicht“: Bayley (Eders Jahrb. f. Phot. 1895, S. 408) und Abney (Eders Jahrb. f. Phot. 1899).

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

4. von der Art (chemischen Zusammensetzung, Zeitdauer, Temperatur usw.) der Entwicklung.

Die sensitometrischen Methoden sind für die Beurteilung der Lichtempfindlichkeit der photographischen Platten wichtig, und zwar sowohl aus wissenschaftlichen Gründen, als auch bezüglich ihres Handelswertes. Jedoch kommt bei Beurteilung der Eignung photographischer Platten nicht nur die Lichtempfindlichkeit allein, sondern auch ihre Fähigkeit, die Abstufung von Licht und Schatten (sogenannte Gradation) annähernd richtig wiederzugeben, in Betracht, ferner die sogenannte Schleierbildung usw.

Dieselben Methoden, welche zur Sensitometrie photographischer Platten dienen, können auch zur photometrischen Bestimmung der Helligkeit zweier Lichtquellen benutzt werden. Man nimmt an, daß Lichtquellen in jenem Falle als photographisch gleich hell zu bezeichnen sind, wenn sie auf denselben photographischen Platten in gleicher Zeit und unter sonst gleichen Umständen gleiche Schwärzungen erzeugen.

Für die Durchführung sensitometrischer Untersuchungen ist in erster Linie die Wahl einer konstanten Normallichtquelle notwendig. Auch wurde auf Grund eines Vorschlages des Verfassers am III. Internationalen Kongresse für angewandte Chemie 1898[1]) für die Verwendung der Normallichtquelle das Prinzip akzeptiert: „Die Strahlen der Normallichtquelle sollen direkt auf die photographische Schicht wirken, ohne daß absorbierende oder reflektierende Schichten eingeschaltet werden“[2]).

Als Normallichtquelle ist für die Zwecke der praktischen Sensitometer photographischer Schichten die Hefnersche Amylacetatlampe sowohl vom Pariser „Congrès de Photographie“, 1889[3]), als auch vom genannten Kongreß für angewandte Chemie in Wien 1898 angenommen worden[4]). Man blendet die Flamme der Hefnerlampe für Zwecke der Sensitometrie von Bromsilbergelatineplatten mitunter durch vorgeschaltete Schlitzblenden ab, einerseits um die Helligkeit der Flamme zu verringern, andererseits um größere Konstanz zu erzielen, und berechnet

---

1) Phot. Korresp. 1898, S. 470. — Eder, Jahrb. f. Phot. und Reproduktionstechnik 1899, S. 37.

2) Es sind also bei der Konstruktion von Normal-Sensitometern sogenannte Skalenphotometer mit staffelförmig geschichteten transparenten Papierschichten usw. nicht zulässig.

3) Eders Ausführliches Handbuch der Photographie, 1892, 2. Aufl., Bd. I, Abt. 1, S. 355.

4) Phot. Korresp. 1898. — Eders Jahrb. f. Phot. 1899, S. 37.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

die Helligkeit der geblendeten Flamme auf die Hefnersche Originallampe. Oder man benutzt eine Benzinkerze[1]) mit einem seitlich ausgeschnittenen Glaszylinder, welche Flamme ruhiger brennt und sich spektroskopisch sehr ähnlich der Amylacetatflamme verhält und deshalb leicht auf diese letztere Normalflamme reduziert werden kann[2]). Beide Arten von Normalflammen sind leider viel ärmer an Blauviolett als das diffuse Tageslicht, was Störungen verursachen kann, wenn man aus der bei Benzinlicht gefundenen Empfindlichkeit photographischer Platten unmittelbar auf ihr Verhalten gegen Tageslicht Schlüsse ziehen will.

Trotzdem ist die Benzin- sowie Amylacetatflamme zur Prüfung der Empfindlichkeit von Bromsilbergelatine- sowie Jodbromsilbergelatineplatten sehr geeignet. Sie liefern völlig konstante, unter sich sehr gut vergleichbare und für die Expositionszeit der praktischen Photographie völlig befriedigende Resultate.

Zwischen den Nummern des Scheinerschen Sensitometers beim Abstande der Benzinkerze = 1 m und einer Belichtungszeit von 1 Minute besteht der in der Tabelle auf Seite 173 angegebene Zusammenhang von relativer Lichtmenge, Lichtintensität in Sekundenmeterkerzen und relativer Empfindlichkeit der geprüften photographischen Platten.

Gewöhnliche Trockenplatten des Handels sollen die mittlere Empfindlichkeit von 10° Scheiner besitzen, Rapidplatten 13—14° Scheiner; Extrarapidplatten von 16—17° Scheiner und darüber finden sich heute bei guter Gradation und befriedigender Klarheit[3]) nicht selten im Handel.

Setzt man die Empfindlichkeit einer gewöhnlicher Trockenplatte von 10° Scheiner = 1, so besitzt eine Platte von 13° Scheiner die doppelte, eine Platte von 16° Scheiner ungefähr die vierfache Empfindlichkeit. Diapositivplatten, Bromsilberpapiere[4]) für Vergrößerungen haben oft nur die Empfindlichkeit von 1—2° Scheiner, sind also etwa achtmal unempfindlicher als die gewöhnliche Trockenplatte von 10° Scheiner.

Während Eder eine Platte von 10° Scheiner als „normalempfindliche Platte“ bezeichnet, schlägt Luther vor (Phot. Industrie 1909, S. 180; Eders Jahrb. f. Phot. 1909, S. 81) als „absolute Normalplatte“ eine solche mit dem Schwellenwert von 1 Sekundenmeterkerze zu wählen. Die Empfindlichkeit der diversen Platten wäre in

1) D. i. eine mit Petroleumbenzin gespeiste und mit einem runden, verstellbaren Baumwolldocht versehene Lampe mit regulierbarer Flammenhöhe. Man beachte, daß etwas flüssiges Benzin in dem mit einem Schwamme gefüllten Lampenkörper vorhanden sein muß, wenn die Flamme mit konstanter Helligkeit brennen soll.

2) Die Benzinkerze wird von Weber, sowie Scheiner und anderen als Vergleichsflamme für photometrische Zwecke benutzt.

3) Über Bestimmung des sogen. „Schleiers“ bei Trockenplatten s. S. 192.

4) Vgl. Kieser, Sensitometrie der Entwicklungspapiere (mittels Eders System), Jahrb. f. Phot. 1908, S. 21.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Reziproken des Schwellenwertes anzugeben. Da bei Eders System der Sensitometrie diese Reduktion der Scheinergrade auf Sekundenmeterkerzen leicht möglich ist, so kann dieser Vorschlag ohne Schwierigkeit durchgeführt werden.

Über die Ermittlung der charakteristischen Schwärzungskurven s. Seite 193.

1. Sensitometrische Prüfung farbenempfindlicher Platten.

Der Begriff „farbenempfindliche" oder „orthochromatische Platte" ist ebenso schwankend, wie die Bezeichnung „grün-" und „rotempfindliche" Platte. In allen diesen Fällen handelt es sich um eine Steigerung der Empfindlichkeit für einen Bezirk im weniger brechbaren Spektrum, so daß neben dem Maximum der Eigenempfindlichkeit der Bromsilbergelatine im Blauviolett ein zweites Sensibilisierungsmaximum im „Grün", „Gelb" oder „Rot" entsteht. Relative Empfindlichkeitsangaben von solchen Platten, welche bei Kerzenlicht gewonnen sind, geben kein korrektes Maß für die relative Empfindlichkeit bei Tageslicht, denn die verschiedenen Farben beider Lichtsorten und die variable Empfindlichkeit orthochromatischer Platten für verschiedene Farben beeinflußten die scheinbare Gesamtempfindlichkeit.

Aber auch die bei Tageslicht ermittelte relative Empfindlichkeit verschiedener Sorten von farbenempfindlichen Platten ist für die angewandte Photographie endgültig entscheidend. Hat z. B. eine farbenempfindliche Platte eine sehr hohe Blauempfindlichkeit und geringe Gelbgrünempfindlichkeit, eine andere Sorte aber geringe Blauempfindlichkeit und ziemlich hohe Gelbgrünempfindlichkeit, so kann die erstere Platte im weißen Tageslichte hochempfindlich, die letztere mittelmäßig empfindlich erscheinen; trotzdem ist die letztere für orthochromatische Aufnahmen weitaus wertvoller und bei Reproduktion farbiger Objekte auch relativ empfindlicher für die Farben von großem Helligkeitswert (Gelb usw.).

Man muß also Rücksicht darauf nehmen, daß farbenempfindliche Platten zwei Maxima der Empfindlichkeit gegen das Sonnenspektrum besitzen: Eines entsprechend der Eigenempfindlichkeit des Bromsilbers selbst, das andere hervorgerufen durch den Farbensensibilisator. Es sollte jedes separat sensitometrisch gemessen werden, und dies kann auf spektrographischem Wege geschehen, z. B. mit irgend einer konstanten Lichtquelle (Gasbrenner), Einphotographieren der Na-Linie oder auch mittels Lichtfilter (s. S. 214).

Farbenempfindliche Platten müssen vor allem im Spektrographen (s. Seite 24) auf ihre Farbenempfindlichkeit geprüft werden.

Am korrektesten ist das Arbeiten mit einem Rowlandschen kleinen Konkavgitter, weil dies keine absorbierenden Medien besitzt; bei An-

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

wendung von Sonnenlicht ist dieser Apparat ziemlich einwandsfrei, obschon auch bei Konkavgittern die relative Helligkeitsverteilung zwischen dem langwelligen und dem kurzwelligen Lichte Schwankungen unterworfen ist. Solche Spezialversuche wurden von Eder[1]) bei der Prüfung von Sensibilisatoren gemacht. Da dieser Apparat sehr schwer zugänglich ist, so kann auch ein Abklatschgitter (s. S. 60) oder ein Spektrograph mit Glasprismen verwendet werden.

Bei der Sensitometerprobe mit Benzinlicht (Abstand 1 m) zeigen orthochromatische (d. s. gelbgrünempfindliche) Platten eine hohe Empfindlichkeit für das gelbliche Kerzenlicht, viel höher als ihrer relativen Empfindlichkeit bei Tageslicht entspricht[2]). Trotzdem gibt die Probe im Scheinerschen Sensitometer gewisse Anhaltspunkte: Eine orthochromatische Platte von 10 bis 11° Scheiner bei Benzinlicht oder Amyllicht[3]) weist in der Regel eine praktisch schlechte Tageslichtempfindlichkeit auf (kann nicht gut für Momentaufnahmen im Freien benutzt werden); orthochromatische Platten von mittlerer Gesamtempfindlichkeit zeigen 14° Scheiner; rapide orthochromatische Platten des Handels sollen mindestens 17 bis 19° Scheiner bei Benzinlicht haben.

Messung der Gesamtempfindlichkeit orthochromatischer Platten bei Tageslicht.

Man zieht zur Vergleichung eine gewöhnliche schleierlose Bromsilbergelatine-Trockenplatte heran, deren Empfindlichkeit im Scheiner-Sensitometer genau bekannt ist, z. B. eine gewöhnliche Schleußner-Trockenplatte, welche durchschnittlich 12° Scheiner zeigt. Mit dieser vergleicht man bei Tageslicht die Empfindlichkeit der orthochromatischen Platte und gibt dann an: „Die orthochromatische Platte braucht bei Tageslicht dieselbe Expositionszeit wie eine gewöhnliche Bromsilbergelatineplatte von x° Scheiner."

Untersuchung der orthochromatischen Platte einerseits auf Blauviolett-Empfindlichkeit, andererseits auf Farbensensibilisierung unter Anwendung von Lichtfiltern.

Für die Charakteristik der Platte ist es nun vor allem von Wert, zu wissen:

a) welchen Anteil an der gesamten Lichtempfindlichkeit die Eigenempfindlichkeit des Bromsilbers gegen Blauviolett hat,

b) wieviel insgesamt der Effekt der Sensibilisierung für Rot-Gelb-Grün ist.

---

1) Siehe Eder, System der Sensitometrie (Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wissensch.).

2) Vgl. Eders Ausf. Handb. d. Phot., Bd. III, 5. Aufl., S. 633.

3) Beide sind in ihrer Farbentönung keineswegs identisch (vgl. S. 12).

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Zu diesem Zwecke schneidet man das Spektrum durch blaue helle Lichtfilter ungefähr bei $\lambda =$ ca. 490 (also nächst der Frauenhoferschen Linie F) in zwei Teile. Das Blaufilter besteht aus einer Lösung von 25 g kristallisiertem Kupfervitriol, Ammoniak und Wasser, zum Gesamtvolumen von 1000 ccm gelöst; es läßt wesentlich nur Strahlen durch, welche der Eigenempfindlichkeit der Bromsilbergelatine bei normalen Belichtungen entsprechen. Das Gelbfilter besteht aus einer Lösung von 40 g Kalium-Monochromat, zum Volumen von 1000 ccm gelöst; es scheidet die blauvioletten Strahlen ab und läßt nur solche Strahlen durch, welche die Farbensensibilisierung umschließen.

Diese blauen und gelben Flüssigkeits-Lichtfilter werden in 1 cm dicker Schicht in einer planparallelen Glaswanne vor die Benzinlampe eines Scheiner-Sensitometers bei $^1/_3$ m Abstand[1]) gestellt und die Platte wird 1 Minute lang im Scheiner-Sensitometer belichtet, und zwar

a) bei einer Probe hinter der blauen ammoniakalischen Kupferlösung, dann

b) eine zweite Probe hinter der gelben Lösung von Kalium-Monochromat und

c) eine dritte Probe hinter der mit reinem Wasser gefüllten Wanne. Alle drei Streifen werden gleichzeitig (z. B. mit Pyrogallol-Soda ohne Bromkaliumzusatz 7 Minuten lang) entwickelt und fixiert.

Man vergleicht die drei Streifen dann durch Übereinanderlegen mit besonderer Berücksichtigung der Mitteltöne und ermittelt hiermit die relative Empfindlichkeit. Z. B. gibt eine Erythrosinplatte

	Nummer gleicher Dichte an den gleichzeitig entwickelten Sensitometerstreifen	Relative Empfindlichkeit
a) hinter Blaufilter	2 Grad Scheiner	14
b) „ Gelbfilter	9 „ „	78
c) „ Wasserfilter . . .	10 „ „	100

Die Empfindlichkeitsrelation $\frac{\text{Blau}}{\text{Gelb}}$ (für Benzinlicht) charakterisiert die orthochromatische Platte. In unserem Beispiele ergibt sich die Empfindlichkeitsrelation $\frac{\text{Blau}}{\text{Gelb}} = \frac{14}{78} = 1 : 5{,}5$.

Die Relation der Blau-Gelbempfindlichkeit gegen Benzinlicht ist nicht ohne weiteres für die Bestimmung der Belichtungszeiten, respektive

---

1) Genauer $= \frac{1}{2{,}94}$ m. Über die hierzu gehörigen Lichtmengen siehe Seite 173. — Bei diesen Versuchen steht die Benzinlampe nahe, es wird also stärkere Lichtwirkung erfolgen. Die abgelesenen Sensitometergrade kann man jedoch leicht auf normale Scheinergrade reduzieren, wenn man 9° Scheiner abzieht, d. h. 20° Scheiner beim Abstande der Kerze $= ^1/_3$ m sind gleich 11° Scheiner beim normalen Abstande von 1 m.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

relativen Farbenempfindlichkeit bei Tageslicht zu gebrauchen. Wohl aber bestehen Beziehungen, welche einen Rückschluß gestatten.

Die Untersuchung mittels Blau- und Gelbfilter bei Tageslicht geschieht in analoger Weise wie die vorige, jedoch mit Anwendung des Röhrenphotometers (S. 186); die Resultate sind für die Arbeiten in Ateliers von besonderer Bedeutung.

Zusammenstellung der Prüfungsresultate einiger Plattensorten des Handels.

Die hier angegebenen Methoden gestatten eine gute Orientierung, wenn man die Versuchsresultate kennt, welche gute und minderwertige Handelssorten farbenempfindlicher Platten geben. (S. die nachstehende Tabelle, ferner die Tabelle Fr. Novaks, Phot. Korresp. 1910, S. 327.)

Bezeichnung	Schwellenwert		Relative Empfindlichkeit $\frac{\text{Blau}}{\text{Gelb}}$		
	Benzinlicht 1 m Distanz	bei Tageslicht (gleich einer gewöhnlichen Br Ag-Platte in Graden Scheiner)	Benzinlicht $^1/_3$ m Distanz direkt einfallend	von weißem Papier reflektiert: diffuses Tageslicht	von weißem Papier reflektiert: Magnesiumlicht
Orthochromatische Platte des Handels (Erythrosinplatte „ohne Gelbscheibe verwendbar“)					
Sorte a	19°	11—12°	$\frac{1}{4{,}7}-\frac{1}{5{,}5}$	$\frac{2{,}7}{1}$	$\frac{1{,}3—1{,}6}{1}$
Sorte b	13°	11—12°	$\frac{1}{1{,}3}$	$\frac{6—7}{1}$	$\frac{4{,}3—5}{1}$
Sorte c	15°	9—10°	$\frac{1}{3}$	$\frac{2{,}8}{1}$	$\frac{1{,}35}{1}$
Sorte d (sehr starke, mit gelben Farbstoffen gedämpfte Erythrosinplatte)	14°	7—8°	$\frac{1}{8}$	$\frac{1{,}2—1{,}3}{1}$	—
Schlechte Sorte orangeempfindlicher Platten	10°	7°	$\frac{2{,}1—2{,}4}{1}$	$\frac{60}{1}$	$\frac{20}{1}$
Mittelmäßige Sorte einer „panchromatischen Platte in der Emulsion gefärbt“	17°	10—11°	$\frac{1}{2{,}1}$	$\frac{7{,}1}{1}$	—
Gute Sorte einer panchromatischen Platte (Orthochrom-Badeplatte oder Äthylrotplatte oder Pinachromplatte)	18—19°	11°	$\frac{1}{4}-\frac{1}{5}$	1—2	—

Die besten gelbgrünempfindlichen Platten des Handels zeigen eine Relation der Empfindlichkeit hinter $\frac{\text{Blaufilter}}{\text{Gelbfilter}} = {}^1/_4$ bis ${}^1/_5$ (in neuerer Zeit Platten mit der Relation ${}^1/_6$), mindere Sorten, welche in der Praxis noch als gut gelten, zeigen die Relation $\frac{1}{0{,}8}$ bis 1. Bei elektrischem Bogenlichte und Tageslichte ändern sich die Verhältniszahlen im Vergleiche zum Benzinlichte.

Die Gesamtempfindlichkeit von orthochromatischen Platten, verglichen mit jener von gewöhnlichen Bromsilbergelatineplatten, gegen

„weißes" Licht (Tageslicht, oder dem damit einigermaßen ähnlichen, aber nicht identischen Bogenlichte) läßt sich nicht ohne weiteres aus der sensitometrischen Bestimmung ihrer Gesamtempfindlichkeit bei Kerzenlicht ermitteln. Es erscheint somit nicht genügend, die sensitometrische Empfindlichkeit von orthochromatischen Platten für Amyl- oder Benzinlicht anzugeben, wenn man die Anzeigen für Expositionsberechnung bei weißem Lichte (Tageslicht, elektrisches Licht) verwerten will.

Wie die relative Empfindlichkeit gewöhnlicher Bromsilbergelatine und orthochromatischer Platten gegen Amyllicht einerseits und andererseits gegen weißes Licht schwankt, zeigt folgende Tabelle:

Relative Empfindlichkeit verschiedener photographischer Platten bei Amyl- und elektrischem Lichte.

	Amyllicht, direkt wirkend	Weißes Papier, erhellt von elektrischem Bogenlichte
Bromsilberplatte	1	1
Erythrosinplatte	2,3	1,27
Handelssorte gelbgrünempfindlicher Platten	1,6	0,67
Handelssorte gelbgrünempfindlicher Platten, andere Sorte	1,2	0,42

Wie man sieht, sind bei Amyllicht orthochromatische Platten in der Regel empfindlicher als gewöhnliche Bromsilbergelatineplatten, während bei elektrischem Lichte das Umgekehrte eintritt.

Prüfung für Dreifarbendruck.

Für photographischen Dreifarbendruck ist die Kenntnis der relativen Empfindlichkeit der verschiedenen Plattensorten hinter den betreffenden Lichtfiltern (Rotorange, Grün, Blauviolett) von Wert, um die korrekte Belichtungszeit bei der Herstellung der drei Teilbilder bemessen zu können.

Am einfachsten ist die Belichtung der Plattenproben hinter den drei Lichtfiltern, mittels des Röhrenphotometers S. 186, welches man gegen weißes Papier, das von Tageslicht oder elektrischem Licht beleuchtet ist, im Abstande von ca. 1 m gerichtet hat. (Vgl. S. 13.)

Proben mit Dreifarbendruck-Lichtfiltern.

	Relative Lichtempfindlichkeit bei Tageslicht (von weißem Papier reflektiert)		
	Violettfilter	Grünfilter	Rotorangefilter
Panchromatische Platte (Typus Isocyanin)	1	0,6	0,24
Minderempfindliche panchromatische Platte	1	0,11	0,01

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Selbstverständlich schwanken die relativen Lichtempfindlichkeiten mit der Art der Beleuchtung und sind für Tageslicht anders als für elektrisches Bogenlicht.

André Callier befaßte sich, angeregt durch Eders Arbeiten, mit der Adaptierung des Scheiner-Sensitometers mit farbigen Lichtschirmen zum Studium der relativen Farbenempfindlichkeit orthochromatischer Platten („Bull. Assoc. Belge Phot.").

2. Durchführung der Plattenprüfung nach Eders System für Zwecke der praktischen Photographie.

Man kann Schwellenwert, Gradation und Entwicklungsfähigkeit einer Platte usw. leicht und sicher bestimmen. Der Schwellenwert allein genügt nicht, um den Wert einer photographischen Platte festzustellen.

Man muß von einer guten photographischen Platte auch gute Gradation und genügende Schleierlosigkeit verlangen.

Die relative Vergleichung zweier Handelssorten von Trockenplatten bezüglich der Empfindlichkeit und Gradation, sowie ihr Verhalten gegen photographische Entwickler läßt sich viel sicherer mittels der sensitometrischen Methode durchführen, als durch empirische Vergleichung mittels Porträt- und Landschaftsaufnahmen.

Die Notwendigkeit einer ziffernmäßigen Bezeichnung der „sensitometrischen Plattenempfindlichkeit" ist trotz der von anderer Seite in sehr sachgemäßer Weise geschilderten Schwierigkeiten unleugbar vorhanden. Das System der Sensitometrie mit Scheinerschen Sensitometern ist so weit durchgearbeitet, daß man es in Handel und Industrie einführen kann, und man wird der Allgemeinheit durch die Einführung dieses oder eines anderen Systems den größten Dienst erweisen. Sollte ein unlauterer Wettbewerb sich geltend machen, daß hohe Scheinergrade bei schlechter Gradation und Entwicklerfähigkeit der Platte sowohl Publikum als Händler irreführen, so kann man solchen Schwindel bei dem derzeitigen Stand der Sensitometrie leicht fassen und aus der Welt schaffen. Man wird ihm aber nur dann zu Leibe gehen können, wenn Händler und Publikum sich daran gewöhnt haben, die Plattenempfindlichkeit in sachgemäßer Weise bezeichnet zu finden.

Die Sensitometrie orthochromatischer Platten ist bedeutend schwieriger, obwohl auch hier derzeit schon die Möglichkeit vorliegt, ihre photographischen Eigenschaften ziffernmäßig festzulegen. Ja es ist

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

sogar nur auf sensitometrisch-spektralanalytischem Wege möglich, den praktischen Wert (Handelswert) einer farbenempfindlichen Platte festzustellen. Daß bei all diesen Fragen auch Haltbarkeit, Korndimension, Entwicklungsfähigkeit, mehr oder weniger rasche Fixierbarkeit, Festigkeit usw. der Bromsilberschicht für den Handelswert und Verwendbarkeit einer Plattensorte in Betracht kommen, ist selbstverständlich.

Beim Scheinerschen Sensitometer (nur das große Modell ist empfehlenswert) wird als Lichtquelle eine Benzinlampe, deren Flamme durch eine 1 mm breite horizontale Blende abgeblendet ist, in 1 m Abstand von der empfindlichen Platte und mit einer Belichtungszeit von 1 Minute benutzt.

Die Entwicklung geschieht mit einem „langsam" sowie mit einem „rapid" arbeitenden Entwickler, z. B. mit Pyrogallol-Soda (ohne Bromkaliumzusatz) während 5, respektive 10 Minuten, dann mit Metol-Soda ebenso lange. Auf diese Weise findet man den Schwellenwert unter den für Platten günstigsten Umständen für einen langsamen und einen rapiden Entwickler. Um die äußerste Grenze des Schwellenwertes zu finden, entwickelt man bis zur beginnenden Schleierbildung.

Fixierung: Saures Fixierbad.

Als der Schwellenwert (die „Empfindlichkeit") der Platte gilt die letzte, eben noch sichtbare Bildspur. (Andrücken der fixierten, getrockneten Sensitometerstreifen auf weißes Papier.)

Vergleicht man die Sensitometerskalen zweier Plattensorten durch Übereinanderlegen der Streifen, so ist bei gleichem Schwellenwert jene Plattensorte praktisch die empfindlichere, welche die schwachen Nummern besser gedeckt und besser voneinander getrennt zeigt; diejenige ist die weichere, welche die intensivsten Sensitometernummern noch besser getrennt (einigermaßen transparent) aufweist.

Mittels Eders System der Sensitometrie nahm F. Novak an der Graphischen Lehr- und Versuchsanstalt in Wien eine große Reihe von Plattenprüfungen vor (Phot. Korresp. 1910). Ferner stützten sich Wall[1]), Callier[2]), Mees und Sheppard[3]) auf dieses System.

---

1) Brit. Journ. Phot. 1904, S. 926.
2) Phot. Mitt., Bd. 41, S. 315.
3) Eders Jahrb. f. Phot. 1906, S. 443.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

VIII. Hurter und Driffields System der Photometrie.

Hurter und Driffield haben zuerst (1893) ein System der Sensitometrie begründet, in welchem der von ihnen eingeführte und wohldefinierte Begriff der Schwärzung und die charakteristische Schwärzungskurve, die „Inertia" und der „Entwicklungsfaktor" als Grundlage der Empfindlichkeitsmessung aufgestellt wurde. Sie arbeiteten ihr System zu einer in England beim Handel mit photographischen Platten teilweise akzeptierten Methode aus, welche praktischen Zwecken vollkommen genügt. Auch das Edersche System der Sensitometrie geht von den Grundprinzipien der Hurter und Driffieldschen Methode aus, übertrifft jedoch letzteres an Genauigkeit und berücksichtigt auch die Sensitometrie farbenempfindlicher Platten; für präzisere Arbeiten erscheint Hurter und Driffields Sensitometer zu wenig genau. Alle Hurter-Driffieldschen Konstanten lassen sich auch mittels Scheiners Sensitometer mit größerer Genauigkeit ermitteln.

Die Sensitometrie nach Hurter und Driffields System[1]) („Hurter & Driffields Method of Speed Determination") geht von der Anwendung eines Photometers mit rotierender Scheibe (s. S. 166) und Belichtung mittels einer englischen Normalkerze im Abstand von 1 m aus.

Man belichtet am besten 160 Sekunden lang, was eine Reihe der Lichtstärke von 80 Sekunden-Meter-Kerzen (SMK) bis 0,312 SMK ergibt.

Das ist begründet durch den Umstand, daß die wirkliche Maximalexposition nur während der halben Umdrehung der Scheibe vor sich geht, indem das Licht die Platte nur trifft, während 180 Grad der Öffnung von den 360 Grad über die letztere hingehen. Hurter und Driffield arbeiten am liebsten bei einer Entfernung von 1 m zwischen Kerze und Platte, jedoch kann man diese Entfernung auch verringern, wenn man die Exposition abzukürzen wünscht. In einer Entfernung von 0,707 m kommt das Licht der Kerze 2 und in einer Entfernung von $^1/_2$ m 4 SMK gleich.

Es werden mit einer bestimmten, der Platte angepaßten Entwicklungszeit, z. B. 5 oder 7 Minuten, die Platten entwickelt, fixiert, getrocknet und dann die Schwärzung der neun Felder gemessen.

Ferner wird die Dichte des Schleiers gemessen und von der Gesamtschwärzung der einzelnen Sensitometerfelder abgezogen.

Als Normalentwickler benutzten Hurter und Driffield anfangs den Eisenoxalat-Entwickler, später einen „normalen" Pyrogallol-Soda-Entwickler (8 g Pyrogallol, 40 g kristall. Natriumsulfit und 40 g kristall. Soda) bei 65° Fahrenheit; die Angaben der „Inertia" des Entwicklungsfaktors usw. ändern sich mit der Entwicklerart.

---

1) Übersichtlich zusammengestellt in V. C. Driffield „The Hurter and Driffield System" (Phot. Miniature von Tennant. Nov. 1903, Bd. V, Nr. 56).

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Auf Grund der Messungen an der fixierten Platte werden die Schwärzungskurven in die beigegebenen liniierten Tabellen eingezeichnet (Fig. 133), wobei auf der oberen horizontalen Linie die Sekunden-Meter-Kerzen eingetragen sind, auf der unteren horizontalen der Logarithmus dieser Lichtstärken, welche zugleich die „Inertia" im Sinne Hurter und Driffields angeben, während die vertikale Linie die Schwärzungszahlen des Silberniederschlages der geprüften photographischen

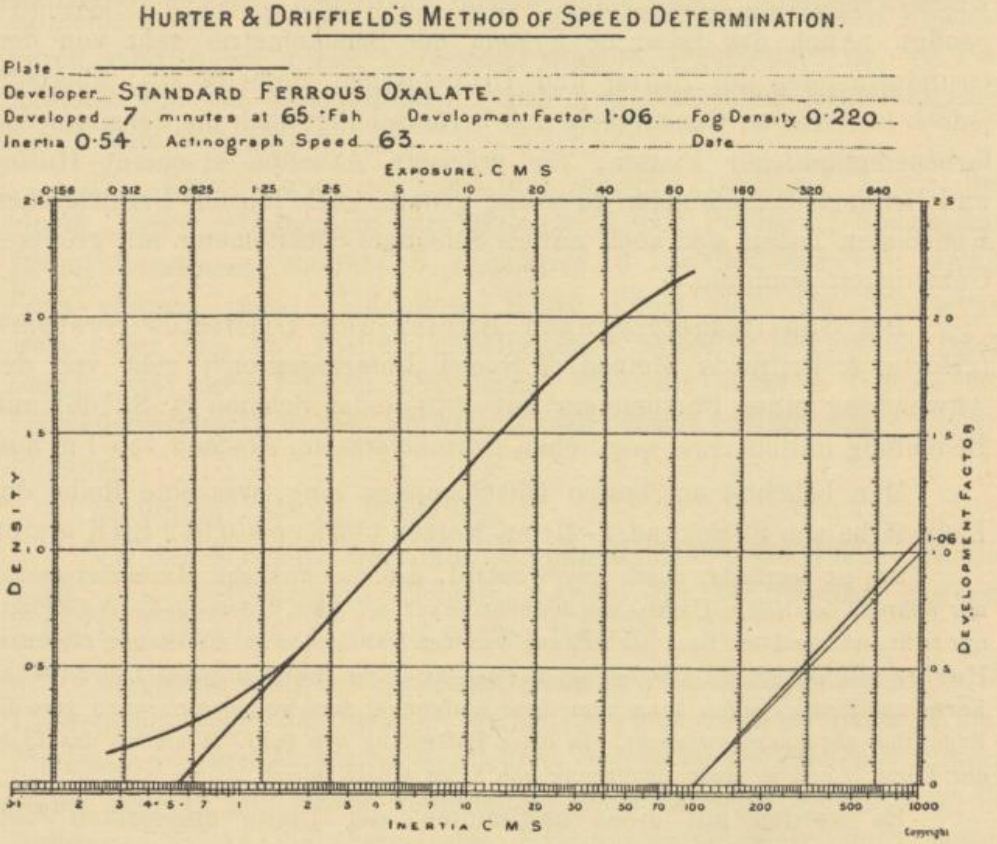


Fig. 133. Bestimmung der Empfindlichkeitszahl nach Hurter und Driffield.

Platte enthält. Die gebogene Linie in Fig. 133 sei die gefundene Kurve; verlängert man das gerade mittlere Stück der Kurve, bis sie die Grundlinie der Zeichnung schneidet, so gibt der Schnittpunkt die Zahl der „Inertia" an.

Diese Kurve gestattet auch die Ermittlung des Hurter und Driffieldschen „Entwicklungsfaktors", welcher durch die Neigung des geraden Stücks der charakteristischen Kurve zur Basis des Diagramms gegeben ist. Der normale Entwicklungsfaktor ist = 1, d. h. die Gerade erhebt sich im Winkel von 45°. Man setzt das Lineal bei der Zahl 100 an, zieht eine Linie parallel dem geraden Stück der charakteri-

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

stischen Kurve und kommt z. B. bei 1,06 zum Schnitt mit der vertikalen Linie (s. Fig. 133); dann ist der Entwicklungsfaktor für 7 Min. Entwicklungsdauer z. B. bei 65° Fahrenheit = 1,06, d. h. die Platte arbeitet etwas härter als eine ideale normale Platte. Ein dünnes weiches Negativ zeigt z. B. den Entwicklungsfaktor 0,8, ein hartes, sehr dichtes z. B. den Faktor 1,5.

Die in Fig. 133 dargestellte Platte hätte für den normalen Eisenoxalat-Entwickler die Entwicklungsdauer von 7 Min. bei 65° Fahrenheit, den Entwicklungsfaktor 1,06, die Inertia = 0,54 und den Aktinograph Speed = 63.

Den „Speed" der Platte (die Empfindlichkeitszahl), welche verkehrt proportional der Inertia ist, erhält man durch Division der ein für allemal von Hurter und Driffield angenommenen konstanten Zahl 34 durch die Inertia; in unserem Beispiele wird also 34 durch 0,54 dividiert, was die Zahl 63 (den „Speed" der Platte) ergibt. Die Konstante 34 gilt nun für die englische Normalkerze im Abstande von 1 m; eine andere Lichtquelle mit anderer Helligkeit würde eine andere Zahl involvieren.

Hurter und Driffield leiten die Empfindlichkeit der Platte aus der Schwärzungskurve ab. Sie führen das gerade Stück der Kurve nach unten fort, bis es die untere Skala, welche die wirkenden Sekunden-Meter-Kerzen angegeben enthält, schneidet. Die Zahl, welche man in diesem Schnittpunkt abliest, wird „Inertia"[1]) (Trägheit, Beharrungsvermögen) genannt.

Die Inertia kann auch mit Hilfe des Scheiner-Photometers und Eders Koordinatennetzes unter Benutzung der Tabelle I leicht bestimmt werden. Der Verfasser fand sie z. B. bei gewöhnlichen Bromsilbergelatineplatten des Handels 0,7, bei unempfindlichen 1,5 bis 2 Sekunden-Meter-Kerzen, jedoch ergaben sich bei des Verfassers Versuchen der Bestimmung der Inertia große Schwankungen und Unsicherheiten.

Auf die Bestimmung der Inertia legen jedoch Hurter und Driffield den größten Wert; sie geben an, daß der Schnittpunkt der Verlängerung des geraden Teiles der Schwärzungskurve mit der Abszisse (Logarithmus der Lichtmenge) konstant sei und praktisch unabhängig von der Länge der Entwicklungsdauer; nach Hurter und Driffield soll der geradlinige Teil der Kurve, welche Neigung er auch immer gemäß der variabeln Entwicklungszeit haben mag, in seiner Verlängerung die Abszisse im selben Punkte schneiden.

Die Experimente, welche Hurter und Driffield (a. a. O.) beschrieben, scheinen diese Ansicht zu bestätigen. Nach des Verfassers Versuchen ist die Lage der Inertia

---

1) Hurter und Driffield konstruierten einen Aktinograph (Apparat zur Bestimmung der Expositionszeit) mit gewissen Konstanten und Berücksichtigung von Objektivblenden, Plattenempfindlichkeit, Helligkeit des Tageslichtes usw. Diese empirische „aktinographische Zahl" zu ihrem Aktinographen finden Hurter und Driffield, indem sie mit der Inertia-Zahl in 35 dividieren. Also ergeben z. B. Rapidplatten von der Inertia 0,7 den Wert 35 : 0,7 = 50 als aktinographische Zahl (vgl. Rae, Eders Jahrb. f. Phot. 1899, S. 58).

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

aber keineswegs konstant[1]), wenn man die Entwicklungsdauer innerhalb der in der praktischen Photographie üblichen Grenze von 3—10 Minuten variiert.

Da die Inertia nicht nur bei geänderter Entwicklungszeit, sondern auch bei anderen Temperaturen eine variable Größe ist, so kann nach dem Verfasser der Eruierung derselben nicht jene Bedeutung für die Sensitometrie zuerkannt werden, welche ihr Hurter und Driffield zuschreiben.

Die Entwicklungskonstante. Die Schwärzungskurve wird von Hurter und Driffield auch benutzt, um zu bestimmen, wie lange man eine Bromsilberplatte entwickeln muß, um eine bestimmte Neigung des geraden Teiles der Schwärzungskurve zu erzielen.

Der Neigungswinkel (α) des geraden Stückes der Schwärzungskurve zur Abszisse bestimmt die Gradation der Platte. Bei korrekter Wiedergabe des Helligkeitswertes bei einer Halbtonphotographie ist $\alpha = 45^0$ oder $\text{tang}\,\alpha = 1$, die Schwärzung wächst für jeden Scheinergrad um $\log 1{,}27 = 0{,}105$ (vgl. S. 173).

Die Tangente des Neigungswinkels nennen Hurter und Driffield „Entwicklungskonstante“ oder „Entwicklungsfaktor“. Ist dieselbe größer als 1, so sind die Kontraste gesteigert, d. h. die Platte arbeitet härter. Auf diese Weise kann man die Gradation schätzen und es genügt die graphische Konstruktion zur Ermittlung des Entwicklungsfaktors.

Kennt man diese Konstante (den Entwicklungsfaktor) für eine Entwicklungszeit, so kann man mittels einer Näherungsformel Hurter und Driffields[2]) annähernd die Zeit bestimmen, welche zur Erreichung einer anderen Konstante nötig ist[3]).

3. Chapman Jones' Plattenprüfer.

Chapman Jones' Sensitometer oder Plattenprüfer. Chapman Jones in London konstruierte einen „Plate Tester“ (Plattenprüfer), welcher eine Art Warnerke-Sensitometer darstellt und auch die Prüfung farbenempfindlicher Platten gestattet (Phot. Korresp. 1901, S. 430). Es handelt sich hierbei um eine kurze, für die Zwecke der

---

1) Die Abweichung von Eders Befund von jenem Hurter und Driffields dürfte darin liegen, daß Hurter und Driffields Methode zur Bestimmung der Schwärzungskurve weniger genau als die von Eder eingeschlagene Methode ist, somit die existierenden Abweichungen von Hurter und Driffield nicht bemerkt wurden.

2) Eders Jahrb. f. Phot. 1893, S. 21, und 1899, S. 194. Vgl. auch Eders Ausf. Handbuch d. Phot., Bd. II (2. Aufl.), S. 5.

3) Hurter und Driffield führen an, daß das photographische Bromsilberbild im allgemeinen bei lang andauernder Entwicklung einer oberen Dichtigkeitsgrenze (Maximalschwärzung) zustrebt. Das Gesetz über den Zusammenhang der verschiedenen Schwärzungen und der Länge der Entwicklungszeit (t) wurde von Hurter und Driffield durch die Formel

$$D_f = D\,(1 - a^t)$$

ausgedrückt, worin D_f die Schwärzung nach einer f Minuten langen Entwicklung, D die mögliche Maximalschwärzung und a eine Konstante bezeichnet, welche für die von den Genannten benutzten englischen Bromsilbergelatineplatten den Zahlenwert 0,9015 hatte (Eders Jahrb. f. Phot. 1899, S. 194).

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

photographischen Praxis bestimmte Methode der Prüfung von photographischen Platten auf Gesamtempfindlichkeit und Farbenempfindlichkeit. Die Firma Sanger Shepherd & Co. in London, W. C. Gray's Inn Passage Nr. 5, bringt dieses einfache Instrument in den Handel (zum Preise von etwa 40 Kronen). Der Hauptteil des Jonesschen Plattenprüfers besteht aus einer Testplatte (s. Fig. 134). Dieselbe umfaßt: 1. eine Skala von 25 mehr oder weniger durchsichtigen Feldern (nach Art des Warnerke-Sensitometers); 2. eine Reihe von vier farbigen Feldern (1 bis 4 rechts) und einen Streifen von grauem Ton (5), alle von annähernd gleichem Helligkeitsgrade; 3. eine Reihe von vier anderen farbigen Feldern (6 bis 9), von denen jedes ein bestimmtes Gebiet des

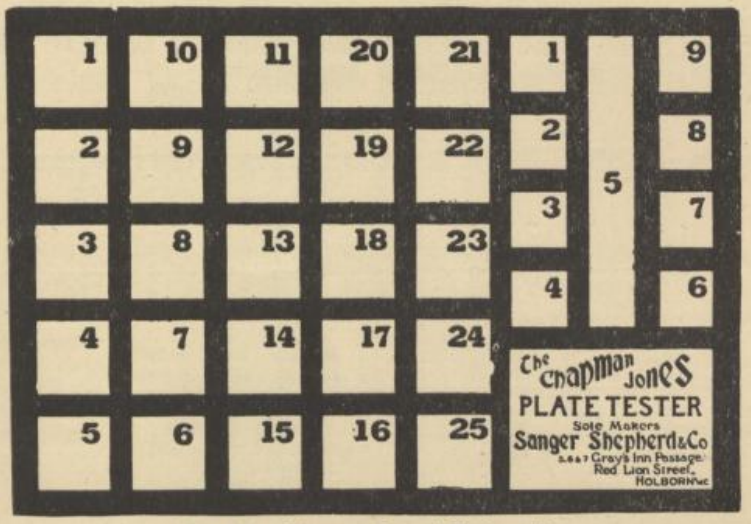


Fig. 134. Chapman Jones' Plattenprüfer.

Spektrums darstellt; 4. ein Feld, in welchem ein Halbtonnegativ über ein Strichnegativ gelegt ist und den Namen des Erfinders trägt (rechts unten). Zum Zwecke der Prüfung wird diese Testplatte mit der zu prüfenden Platte zusammengelegt und letztere beim Lichte einer englischen Normalkerze im Abstande von 12 engl. Zoll durch 30 Sekunden oder bei Tageslicht eine bestimmte Zeit lang belichtet. Verwendet man Tageslicht zur Exposition, was zur Ermittlung der Farbenempfindlichkeit vorzuziehen ist, so exponiert man auf ein Blatt weißes Papier. Die Abstufung der Skalenteile ist derartig, daß ein Unterschied von zwei Nummern die doppelte Empfindlichkeit anzeigt, wie die Tabelle auf S. 224 zeigt (also ist die Genauigkeit geringer als beim Scheiner-Sensitometer oder dem alten Warnerke-Sensitometer). Eder reduzierte die Angaben des Jonesschen Plattenprüfers auf Scheinergrade (Phot. Korresp. 1901, S. 430). 24° Jones sind z. B. = 14° Scheiner, 21,1° Jones = 10° Scheiner, 14,9° Jones = 1° Scheiner.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Skalenfeld	Wirkende Lichtmenge	Skalenfeld	Wirkende Lichtmenge
24	1	12	64
22	2	10	128
20	4	8	256
18	8	6	512
16	16	4	1024
14	32	2	2048

Durch Schwärzungsmessung im Sinne Hurter und Driffields und Eders System der Sensitometrie kann man auch mit Chapman Jones' Plattenprüfer die charakteristische Kurve der Platte bestimmen, wenn man das in Fig. 135 abgedruckte Diagramm benutzt.

Außer der bräunlichen Hauptskala sind noch andere farbige Skalenfelder an der Jonesschen Testplatte angebracht.

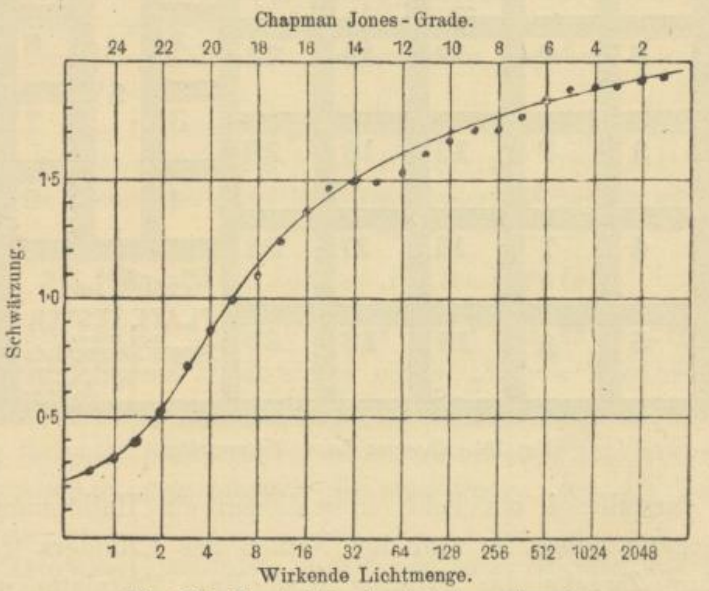


Fig. 135. Konstruktion der Schwärzungskurve.

Die Felder 1, 2, 3 und 4 (Fig. 134) enthalten rote, gelbe, grüne und blaue Felder, 5 ist ein neutrales Grau im Sinne von Abneys Sensitometerprinzip (Eders Jahrb. f. Phot. 1901).

Die Farbenempfindlichkeit erkennt man an denjenigen Stellen der Platte, die unter den farbigen Feldern belichtet wurden. Eine vollkommen orthochromatische Platte liefert unter dem grauen Streifen Nr. 5 und den links daneben befindlichen Feldern 1 bis 4, welche, wie bemerkt, alle nahezu gleichen Helligkeitswert besitzen, Schwärzungen der gleichen Dichtigkeit. Solche farbenrichtige Resultate sind jedoch ohne Anwendung einer Gelbscheibe unmöglich und in dieser Beziehung gestattet das vorliegende Instrument die Prüfung von Gelbscheiben (Jones).

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Die Felder 6, 7, 8 und 9 entsprechen Farben von bestimmten Regionen des Spektrums und zwar vom äußeren Rot (*C* bis *A*), dann Rot (von *D* bis *C*), Grün (von *b* bis *D*) und Blau (von Ultraviolett bis *b*). Diejenigen Farbenfelder, welche bestimmten Teilen des Spektrums entsprechen, lassen erkennen, gegen welche Farbe die Platten am empfindlichsten sind, so daß man daraus einen Schluß ziehen kann auf die Farbe, die das Lichtfilter besitzen muß, um vollkommene Korrekturen zu liefern. Gewöhnliche Bromsilbergelatine-Trockenplatten sind praktisch empfindlich von Ultraviolett bis *b* oder *E*. Schätzt man, um die Farbenempfindlichkeit der orthochromatischen Platten mit der Gesamtempfindlichkeit vergleichen zu können, die Schwärzung z. B. hinter dem roten Felde ebenso stark wie Nr. 12 (bei Berechnung der Halbton-Hauptskala), dagegen bei einer anderen Platte unter sonst gleichen Umständen gleich Nr. 14, so soll die Rotempfindlichkeit bei beiden ums Doppelte variieren.

Eder reduziert die Angaben des Jones-Plattenprüfers auf die weitaus genaueren des Scheiner-Sensitometers.

Vergleich der relativen Werte der Anzeigen des Scheiner-Sensitometers für Bromsilbergelatine mit dem Chapman Jones-Plattenprüfer (nach Eder).

Grade Scheiner, bezogen auf 1 Hefnerlicht im Abstande von 3,637 m oder der Benzinlampe bei 1 m Abstand und 1 Minute Belichtung	Grade Jones, bezogen auf 1 englische Walratkerze, Abstand 30,5 cm; 30 Sekunden Belichtung	Grade Scheiner, bezogen auf 1 Hefnerlicht im Abstande von 3,637 m oder der Benzinlampe bei 1 m Abstand und 1 Minute Belichtung	Grade Jones, bezogen auf 1 englische Walratkerze, Abstand 30,5 cm: 30 Sekunden Belichtung
a	13,2	7	18,5
b	13,8	8	19,5
c	14,4	9	20,6
1	14,9	10	21,1
2	15,3	11	21,7
3	15,8	12	22,5
4	16,2	13	23,0
5	16,8	14	24,0
6	17,5	15	25,0

Der Jonessche Plattenprüfer ist als Sensitometer entschieden weniger exakt als der Scheiner-Sensitometer. Die Skala steigt steil an (ebenso steil, wie bei Hurter und Driffields Photometer), geringe Empfindlichkeitsdifferenzen sind demzufolge nicht bemerklich; überdies ist die transparente Skala nicht immer ganz regelmäßig, sondern mit ziemlich starken Skalenfehlern behaftet. Immerhin wird sich das Jones-Sensitometer, namentlich zur praktisch approximativen Empfindlichkeitsschätzung, besonders von orthochromatischen Platten, für den Praktiker nützlich erweisen.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

4. Warnerke-Sensitometer.

Das Warnerke-Sensitometer war das erste in die photographische Praxis eingeführte Instrument zur Bestimmung der Plattenempfindlichkeit. Es wurde 1880 eingeführt[1]) und dies war ein wichtiger Schritt zu einer allgemein verständlichen und leicht auszuführenden Form der Messung der Empfindlichkeit der Platten.

Warnerkes Sensitometer bestand anfänglich aus einer Glasplatte, welche schachbrettartig in 16 numerierte Felder geteilt war.

Später (1881) stellte Warnerke die transparente Skala dadurch her, daß feines (0,03 mm dickes) Papier stufenweise von 1 bis 25 Lagen auf einer quadratischen Glasplatte mit Eiweiß aufgeklebt wurde. Nach dem Trocknen machte Warnerke einen Abguß von Spences Metalle davon und nun wurden von dieser Form in einer besonderen Presse (nach Art des Woodburydruckes) mit Gelatinefarbe von rein schwarzem Ton die Abdrücke auf Glasplatten gefertigt. Dann wurden die auf Papier durch Buchdruck hergestellten Zahlen darauf abgeklatscht und, um sie undurchsichtiger zu machen, bronziert.

Die mittlere Undurchsichtigkeit der einzelnen Nummern geht aus der folgenden Tabelle hervor; es sei bemerkt, daß dieselben Ziffern die jeweilige relative Lichtempfindlichkeit der Plattensorten angeben.

Sensitometer-Nummern	Mittlere Undurchsichtigkeit der einzelnen Felder (Nummern)	Sensitometer-Nummern	Mittlere Undurchsichtigkeit der einzelnen Felder (Nummern)
1	1	14	36
2	$1^1/_3$	15	48
3	$1^3/_4$	16	63
4	$2^1/_3$	17	84
5	3	18	110
6	4	19	145
7	5	20	192
8	7	21	253
9	9	22	334
10	12	23	440
11	16	24	580
12	21	25	765
13	27		

Die Fig. 136 stellt Warnerkes Sensitometer dar. Eine kopierrahmenähnliche Vorrichtung *A* trägt an Stelle der sonst üblichen Glasscheibe die Skala *C*. Durch den Schieber *D* kann der Rahmen vorne geschlossen werden. Die zu untersuchende empfindliche Platte wird nach Entfernung eines Deckels rückwärts auf die Sensitometerplatte aufgelegt und nach Schließen des Deckels durch die Feder *e* an selbe ge-

1) Originalform: Phot. Mitt. Bd. 17, S. 242. Phot. News. 1880, S. 217. Verbesserte Form: Phot. News. 1881, S. 92. Phot. Wochenbl. 1881, S. 79.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

preßt. Die Glasplatte, welche die als Lichtquelle dienende phosphoreszierende Farbe trägt, paßt in den Falz *a* des Rahmens *A* und wird durch die Reiber *bb* festgehalten.

Beim Gebrauch des Instrumentes wird die empfindliche Platte eingelegt und nach dem Schließen des Deckels und des Schiebers *D* die phosphoreszierende Platte der Einwirkung des Lichtes, eines brennenden Magnesiumbandes von $2^1/_2$ cm Länge, welches so nahe als möglich gehalten wird, ausgesetzt. Die leuchtende Platte wird nun in das Sensitometer gebracht und nach Verlauf von genau 1 Minute die Exposition durch Herausschieben des Schiebers *D* bewerkstelligt. Die Exposition dauert 30 Sekunden. Die zu untersuchenden, auf ganz gleiche Weise im Sensitometer belichteten Platten werden dann gleichzeitig und so lange entwickelt, als eben noch ein Lichteindruck zum Vorschein kommt. Die höchste nach dem Fixieren noch mit Bestimmtheit ablesbare Zahl gibt dann für jede Platte den entsprechenden Empfindlichkeitsgrad.

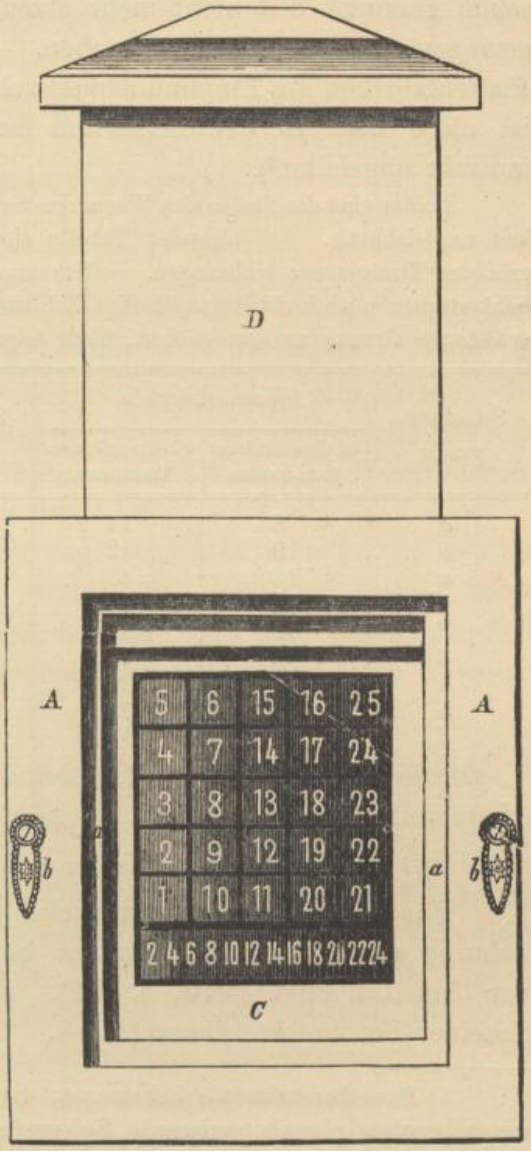


Fig. 136. Warnerkes Sensitometer.

Bei der Prüfung einer Erythrosinplatte im Warnerke-Sensitometer kommt die Gelbempfindlichkeit gar nicht zum Ausdrucke, weil die phosphoreszierende Leuchtplatte nur blaues Licht ausstrahlt; die Folge davon ist, daß man einen zu niedrigen Empfindlichkeitsgrad findet.

Das Warnerke-Sensitometer mit der Phosphoreszenz-Tafel ist deshalb zur Prüfung orthochromatischer Platten unbrauchbar, weil man zu niedrige Zahlen findet; ersetzt man die Leuchttafel durch die Amylazetatlampe, so findet man aber zu hohe Ziffern, weil diese Lampe relativ viel mehr gelbe Strahlen aussendet, als das Tageslicht[1]).

1) Alle Platten, welche das Maximum der Empfindlichkeit im Blau haben (wie z. B. Bromsilber), geben in Warnerkes Sensitometer höhere Empfindlichkeitszahlen als solche, welche das Maximum im Violett oder Ultraviolett haben (z. B. Chlorsilber, Jodsilber). Bei Jodsilber macht z. B. das Phosphoreszenzlicht nur $^1/_{180}$ der gesamten, bei Chlorsilber $^1/_{31}$, bei Bromsilber $^1/_{10}$, bei nassen Jodsilberplatten $^1/_{42}$ der Gesamtwirkung des Sonnenlichtes aus. Z. B. wurde bei Phosphoreszenzlicht eine Bromsilbergelatineplatte 200 mal empfindlicher, als eine nasse Jodsilberkollodiumplatte gefunden, bei Gaslicht aber nur 50 mal.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Die nicht völlige Zuverlässigkeit des Phosphoreszenzlichtes[1]) bewog den Pariser photographischen Kongreß 1889 die Skala des Warnerke-Sensitometers beizubehalten, aber als Lichtquelle die Amylazetatlampe zu empfehlen.

Das Warnerke-Sensitometer wird seit dem Tode des Erfinders schon geraume Zeit nicht mehr erzeugt; es wurde auch wegen seiner geringen Genauigkeit aufgegeben. Wenn gewohnheitsmäßig einige Plattenfabriken die Empfindlichkeitszahl in Warnerkegraden angeben, so ist diese Zahl in der Regel aus anderen Sensitometerbestimmungen indirekt abgeleitet[2]).

Leider sind die Skalen des Warnerke-Sensitometers durch Fabrikationsungenauigkeit ungleichartig. In folgender Tabelle sind Warnerke-Skalen von mittlerer und größerer Transparenz einbezogen. — Um annähernde Reduktionstabellen der Empfindlichkeitsangabe nach aktinographischen Zahlen auf Scheiner- und Warnerkegrade in der erwähnten Grenze zu ermöglichen, dient folgende Tabelle, welche von Eder stammt.

Scheinergrade	Warnerkegrade		Scheinergrade	Warnerkegrade	
	Skalen mittlerer Transparenz	Skalen größerer Transparenz		Skalen mittlerer Transparenz	Skalen größerer Transparenz
c	8	11	9	19	22
b	9	12	10	20	23
a	10	13	11	21	24
1	11	14	12	22	25—26
2	12	15	13	23	26—27
3	13	16	14	24	27—28
4	14	17	15	25	28—29
5	15	18	16	26	29—30
6	16	19	17	27	30—31
7	17	20	18	28	31—32
8	18	21			

5. Sensitometer mit Rauchglaskeil.

Für minder genaue technische Zwecke schlug Goldberg die Belichtung photographischer Platten hinter einem grauen Rauchglaskeil vor (Jahrb. f. Phot. 1910, S. 232). Für genauere Messungen ist das Scheiner-Sensitometer vorzuziehen.

---

1) Phosphoreszierende Substanzen, darunter auch das zu Warnerkes Sensitometer benutzte phosphoreszierende Schwefelcalcium, lassen sich äußerst schwer in gleichmäßiger Weise herstellen. Man benutzt in der Regel Balmainsche Leuchtfarbe.

2) Vgl. Eders Tabelle „System der Sensitometrie“ (Sitzungsber. d k. Akad. d. Wiss., Wien 1899, Bd. 108, Abt. IIa, S. 1450).

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

ZEHNTES KAPITEL.

EXPOSITIONSMESSER.

I. Belichtungsmesser (Expositionsmesser).

Zur Ermittlung der richtigen Exposition in der Kamera kommt die Kenntnis der Helligkeit des jeweiligen Tageslichtes, die Albedo des Objektes (s. S. 74), die Plattenempfindlichkeit, die Lichtstärke des Objektives (Verhältnis der Linsenöffnung zum Fokus), die Vergrößerung oder Verkleinerung des Bildes in Betracht.

Häufig begnügt man sich mit sog. Expositionstabellen, in welchen die Helligkeit des Tageslichtes nach dem jeweiligen Sonnenstande (s. unten) und der Bewölkung eingeschätzt wird und Plattenempfindlichkeit, Blendengröße im photographischen Objektiv usw. in Tabellenform berücksichtigt ist.

A. Belichtungsmesser und -Tabellen ohne Normalfarbenphotometer.

Einer der ersten Belichtungsmesser dieser Art war Hurter und Driffields Aktinograph.

Der Aktinograph von Hurter und Driffield (1892) ist ein Instrument, welches in seinen Bestandteilen alle für eine Exposition wichtigen Daten graphisch darstellt, und zwar den jeweiligen Sonnenstand, die Linsenöffnung, das herrschende Tageslicht und weiter die genau bestimmten Teilstriche enthält, welche die Expositionszeit von $^1/_{20}$ Sekunde bis 1 Minute und die Aktinographgrade angeben.

Beigegeben ist ferner eine Faktorentabelle, in welcher mit dem Faktor I die richtige Expositionszeit für eine gewöhnliche Landschaft in zerstreutem Lichte bezeichnet ist, nach welchem Faktor die Expositionszeiten aller anderen vorkommenden Aufnahmen sich richten.

Unbedingt nötig ist bei dem Gebrauche dieses Instrumentes, das Verhältnis der jeweiligen Blende zur Brennweite des benutzten Objektives zu wissen — ob nämlich die Blende 6mal, 8mal, 16mal usw. kleiner ist als die Brennweite, welches Verhältnis durch die entsprechenden Bruchzahlen $^1/_6$, $^1/_8$, $^1/_{16}$ usw. ausgedrückt ist. Als ein Aktinograph-

SLUB Wir führen Wissen.
gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

grad selbst wird der $^1/_{100}$ wissenschaftlich genau gemessene Teil jenes hellsten, zerstreuten Tageslichtes angenommen, welches bei einer Sonnenhöhe von 90° herrscht.

Das Instrument repräsentiert sich als ein kleines Kästchen aus Mahagoniholz, welches innen 4 Skalen, und zwar eine drehbare, zwei verschiebbare und eine fixe birgt. Die drehbare Skala, eine Walze, zeigt an ihrem Umfange den Sonnenstand und die Aufnahmestunde des Monates und Tages mittels Kurven an, die nächste verschiebbare Skala zeigt an der der Walze zunächst liegenden Seite die Verhältniszahlen zwischen Öffnung und Brennweite und durch die Marken 1, 2, 3 das

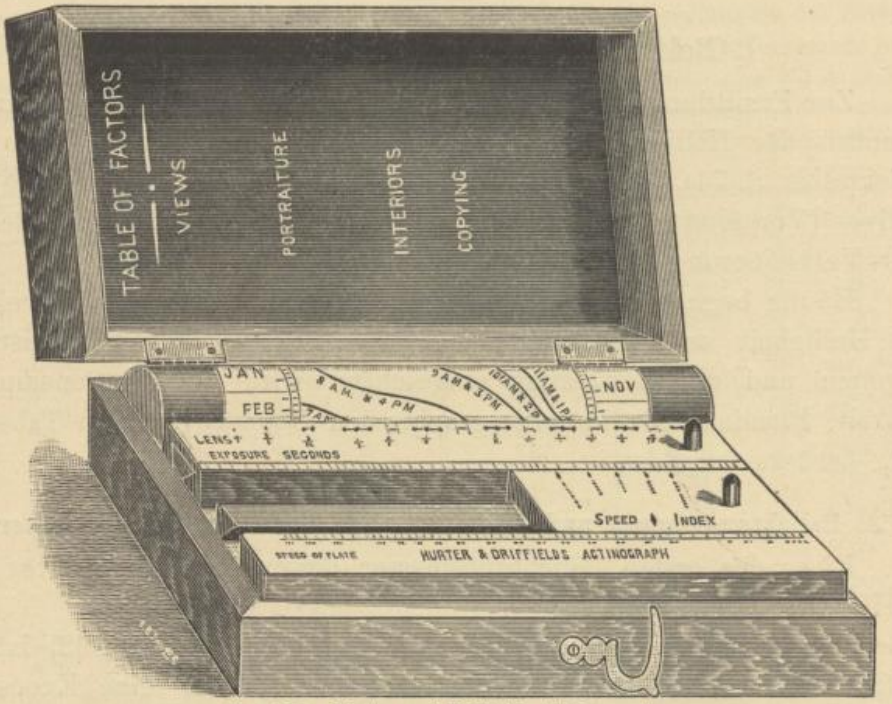


Fig 137. Hurter und Driffields Aktinograph.

Linsensystem, ob einfache Linse, Doublet oder Triplet, an der anderen Seite aber die Teilstriche der Expositionszeiten. An diese Skala schließt sich eine kurze verschiebbare an, die einerseits das herrschende Tageslicht (dunkel, hell usw.) anzeigt, andererseits ist der Gradzeiger (Speed-Index), welcher längs der vierten Skala, die die Aktinographgrade enthält verschoben werden kann.

Belichtungstafeln, welche durch einfache Rechnung die Expositionszeit ermitteln lassen, sind:

die Belichtungstafel von C. P. Goerz in Berlin, von Dr. Staeble in München;
die Belichtungstabelle (auf Zelluloid) von Paul Brandt in Berlin;
die „Exposure Diagrams“ von N. G. Thompson in London;
die „Belichtungstabelle für Autochromplatten“ des Wiener Amateur-Photographen-Klubs in Wien (1909).

Zu den Belichtungstabellen in Form von Rechenschiebern, welche die Belichtungszeit höchst einfach zu berechnen ermöglichen, zählen nachfolgende Tabellen:

Dr. J. Rhedens photographische Belichtungstabelle, 1. Ausgabe, Wien 1903 (R. Lechner), 5. Aufl. 1911 (Langer & Co., Wien);

die photographische Belichtungstabelle „Helios" von P. Eichmann (Berlin, Gustav Schmidt, 1908);

Moll-Placzeks photographisches Chronoskop (Expositionszeitmesser), erhältlich bei A. Moll in Wien, erschienen 1894;

Wynnes Infallible Exposure Meter;

der automatische Expositionszeitmesser von Dr. J. H. Smith (Preis 1 Mk., erschienen 1901);

das Ilford Exposure Meter (Scotts Patent) von den Britannia Works Co. in Ilford, erschienen 1893;

das Médaillon-Temps de Pose von J. Decoudun in Paris;

das „Chronopose universel" von Georges Brunel in Paris, erschienen 1901;

der „Exposure Meter" von W. H. Phillips & Son in London, erschienen 1909;

die „Foco-Belichtungstabelle" von Louis Lang (Emil Wünsches Nachf.) in Dresden-A. 9, erschienen 1909.

Über die Berechnung der Expositionszeit aus der Beschaffenheit des Objektives und des Gegenstandes s. XVI. Kapitel in diesem Handbuche (Photographische Objektive), I. Band, 4. Teil, 3. Aufl.

B. Belichtungsmesser mit Normalfarbenphotometern.

Genauer und praktischer sind jene modernen Belichtungsmesser, bei welchen die jeweilige Helligkeit des Tageslichtes nicht nach dem Sonnenstande und der Bewölkung ziemlich ungenau geschätzt wird, sondern bei welchen kleine Normalfarbenphotometer den wirklichen Aktinismus des jeweiligen Tageslichtes ziffernmäßig angeben.

In dieser Absicht führten bereits Boisen 1861[1]), Vidal 1862 und 1865[2]), Malval 1863, Ritschie 1876[3]) u. a. das Prinzip der Normalfarbenphotometer für die Messung der Expositionszeiten ein, bestimmten die Anzahl der Sekunden, welche Chlorsilber- oder Chlorbromsilberpapier zur Erzielung des Normaltons brauchte. Heeren heftete

---

1) Phot. News. Bd. 3, S. 402. Kreutzers Zeitschr. f. Phot. 1861, Bd. 3, S. 90. Das Papier erzeugte Boisen durch Salzen des Papieres mit 7,5 Bromkalium, 7,5 Chlornatrium und 480 Wasser; nach dem Trocknen wurde sensibilisiert in 20 Silbernitrat, 1,5 Zitronensäure, 480 Wasser.

2) Phot. Arch. 1865, S. 283.

3) Bull. d. l. Soc. franç. 1876, Nr. 7; Bull. Assoc. Belge, Bd. 3, S. 87. 126.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

ein Stückchen Chlorsilberpapier an die Kamera, um die Schnelligkeit der Färbung zu beobachten.

Alle diese Versuche waren wenig geeignet, auf raschem Wege eine annähernd richtige Expositionszeit zu ermitteln.

1. Watkins' Expositionsmesser.

Der erste, welcher alle oben erwähnten Faktoren bei der Konstruktion von Expositionsmessern in Betracht zog, war der Engländer Watkins im Jahre 1890.

Watkins bestimmte die Helligkeit des Tageslichtes im Freien (neben der Kamera). Er vermittelt mittels einer einfachen Tabelle, welche am Instrumente selbst nach Art ringförmiger Rechenschieber angebracht ist, aus der Beschaffenheit und Blendengröße des Objektives, der Art des Gegenstandes und der Plattensorte die Belichtungszeit.

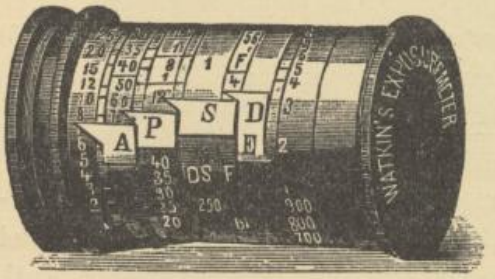


Fig. 138. Watkins' Standard-Expositionsmesser.

Die älteste Form von Watkins'[1]) „Standard-Expositionsmesser" zeigt Fig. 138. Sie bildet die Grundlage aller späteren Watkinsschen Varianten von Belichtungszeitmessern.

Watkins' Standard der Empfindlichkeit einer Platte ist willkürlich gewählt; sein Standard ist eine Platte, welche mit zwei Sekunden und einem Objektiv $f/8$ im Mai oder Juni mittags bei einem Bildabstande von ungefähr 7 m ein gutes Negativ gibt, im übrigen sind Watkins-Sensitometergrade ungefähr $1^1/_2$ mal so groß als die von Hurter und Driffield (genauere Angaben s. S. 240).

Kurze Anweisung für den Gebrauch von Watkins' Standard-Expositionsmesser (Fig. 140). Man setzt das Instrument dem zu prüfenden Lichte aus, indem man gleichzeitig das Pendel schwingen läßt, zieht einen frischen Abschnitt des lichtempfindlichen Papieres hervor und zählt nun die Sekunden (je 1 Doppelschwingung des Pendels ist gleich 1 Sekunde), bis die Farbe des belichteten Papieres in der Tiefe des Tones der daneben stehenden Normalfarbe gleicht. Die Sekundenzahl ist die Zahl A oder der „Lichtwert" (Light value). Die Empfindlichkeitszahl (Plate speed) der zu verwendenden Plattensorte entnimmt man der betreffenden Tabelle. Stellt man den Zeiger P auf die Empfindlichkeitszahl, Zeiger D auf die Zahl, welche den Wert der zu benutzenden Blendenöffnung ausdrückt (z. B. $f/12$), endlich Zeiger A auf den Lichtwert, so wird Zeiger E die richtige Belichtungsdauer angeben. Steht vor der gefundenen Zahl ein Strich, so bedeutet sie den Bruchteil einer Sekunde,

1) Watkins' Expositionsmesser wird von „The Watkins Meter Co." in Hereford in England erzeugt.

z. B. |4 = 1/4 Sekunde. Die erhaltene Belichtungsdauer gilt für alle gewöhnlichen Landschaften, Porträts, Innenaufnahmen und Gegenstände in mittleren Farben. Für besondere Aufnahmegegenstände stellt man die Zeiger, wie oben angegeben, liest aber die Belichtungsdauer auf dem letzten beweglichen Kreise gegenüber dem betreffenden Aufnahmegegenstandswerte (Subject value) ab.

Aufnahmegegenstandswerte: Himmel und Meer 10, Schnee und Eis 25, helle Gegenstände, Ferne in der Landschaft und Binnensee-Szenerie 50, sehr dunkle Gegenstände 200.

Man achte darauf, daß man die rechte Seite der Normalfarbmaske (d. i. die ohne den weißen Punkt) zur Bestimmung des Lichtwertes benutze; die linke Seite findet nur für Innenaufnahmen Verwendung. Im übrigen lese man weitere Einzelheiten in der ausführlichen englischen Anweisung nach. Man behalte das Instrument außer Gebrauch stets in der Tasche, um das lichtempfindliche Papier vor dem Verderben zu schützen.

Da Watkins' Standard Meter der Ausgangspunkt aller späteren ähnlichen Konstruktionen war, so soll hier das Prinzip etwas näher beschrieben werden.

Vier Bedingungen oder Faktoren müssen in Betracht gezogen werden und jeder dieser Faktoren muß eine Zahl oder einen Wert erhalten; diese sind:

A die aktinische Kraft des Lichtes, welches das Objekt beleuchtet;
P die Lichtempfindlichkeit der Platte;
S die Farbe und das Aussehen des Gegenstandes;
D das Diaphragma oder die Blende des Objektives, welche benutzt wird.

(Ein fünfter Faktor *F*, der verlängerte Fokus der Kamera, kommt nur beim Kopieren oder bei Vergrößerungen usw. in Betracht, braucht daher bei gewöhnlichen Aufnahmen nicht berücksichtigt zu werden.)

Das Instrument besteht aus einem einfachen Aktinometer, um das Licht zu messen, einem Kettenpendel, um Sekunden und halbe Sekunden zu zählen (um sowohl den Aktinometer als auch die Kamera-Exposition zu messen) und aus vier beweglichen Kreisen, welche Zeiger mit *A*, *P*, *S* und *D* führen, die, wenn sie auf jene Nummern gestellt werden, welche die entsprechenden Werte jedes Faktors repräsentieren, einen fünften Zeiger *E* veranlassen, die korrekte Belichtungsdauer anzuzeigen.

Wert der Faktoren.

Faktor *A*. Das Licht, welches auf den mindest beleuchteten Teil des Gegenstandes fällt, in welchem noch Details vorhanden sein müssen, ist derjenige, welcher bestimmt werden muß. Für Ansichten unter Bäumen oder in schattigen Gassen exponiert man das Aktinometer auf den Schatten der Bäume. Bei sonnigen Gebäuden, welche halb im Schatten liegen, exponiert man das Aktinometer auf den Schatten derselben oder vielleicht auf den Schatten des eigenen Körpers.

Für sonnenbeleuchtete Landschaften oder Gebäude, welche keine breiten Schatten besitzen, exponiert man das Aktinometer auf die beleuchteten Stellen.

Faktor *P*. Im folgenden sind annähernd die Nummern angegeben, welche die Empfindlichkeit der verschiedenen Platten bedeuten.

Außerordentliche Empfindlichkeit	250
Gewöhnliche „	130
Mittlere „	65
Geringe „	32

Faktor *S*. Diese Nummer ändert sich nach der Farbe des Gegenstandes oder seinen Fähigkeiten, das Licht zu reflektieren, ohne nur im mindesten die Lichtstärke

zu berücksichtigen, welche auf ihn fällt; ein Stück dunkles, geschnitzes Eichenholz würde $S\,3$ sein, ob es sich nun im vollen Sonnenschein befindet oder im Schatten eines Innenraumes. $S\,1$ ist die Normalnummer, welche in vier von fünf Fällen gewählt wird, die anderen mögen nur in speziellen Fällen als Variationen gebraucht werden.

Himmel oder das Meer	$S\,1/10$
Weiße Gegenstände, in welchen alle Einzelheiten sichtbar sein sollen oder welche schwarz und weiß kopieren (siehe die spezielle Tabelle für Entfernungen) . . .	$S\,1/4$
Größte Entfernung bei Landschaften	$S\,1/4$
Lichte Gegenstände und panoramische offene Landschaften	$S\,1/2$
Gewöhnliche Landschaften mit Vordergrund, Gebäuden, Porträts und allerhand von gewöhnlicher Farbe . .	$S\,1$
Dunkle, rötliche oder gelbliche Gegenstände	$S\,2$
Sehr dunkle Gegenstände, welche Details enthalten sollen	$S\,3$.

Bei Negativen, welche mit der Kamera kopiert oder zu Vergrößerungen benutzt werden sollen, können die Werte nur mittels Versuchen festgestellt werden, da dieselben oft sehr dünn und oft dicht benötigt werden. Die Differenz, welche zwischen den Negativen besteht, ist sehr groß, nämlich:

sehr dünne Negative	$S\,1/16$
dünne „	$S\,1/8$
mitteldünne „	$S\,1/4$
dichte „	$S\,1/2$
sehr dichte „	$S\,1$.

Faktor D. In dem Instrumente finden sich zwei Skalen; die rechts ist der Fokalwert der gewöhnlichen Blenden, die linke Skala bezeichnet die korrespondierende US-Nummer der Photographischen Gesellschaft von England[1]).

Innenräume.

Um die Zeit nicht mit der Messung von sehr schwachem Lichte zu vergeuden, kann man in der Linse ein Diaphragma von solcher Größe verwenden, daß die Kamerabelichtung gleich wird der Aktinometerbelichtung. Um nun dieses Diaphragma zu finden, setzt man die Zeiger in folgender Ordnung: A auf 2, P auf die richtige Plattennummer, S auf ihren Wert, E auf 2 und dann wird D die Nummer der Blende angeben, welche zu benutzen ist. Das Aktinometer kann dann an die schlechtest beleuchtete Stelle gelegt, die Linse geöffnet und die Belichtung so lange fortgesetzt werden, als das Papier Zeit braucht, um die Normalfarbe im Aktinometer anzunehmen.

Kopieren und Vergrößern.

Es muß noch ein Faktor berücksichtigt werden, welcher die Expositionszeit verlängert, wenn die Kamera weit auszuziehen ist, um damit zu kopieren oder zu vergrößern.

Zur Bequemlichkeit ist dieser Faktor mit den S-Werten in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt.

---

1) Siehe in diesem Handbuche, Bd. I, 4. Teil, 3. Auflage im Kapitel über „Objektive“.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Tabelle der *S*-Nummern zum Gebrauche beim Kopieren.

Normalgegenstands-Nummern; Gegenstand mehr als 24 Fokusweiten von der Linse entfernt	1/16	1/8	1/4	1/2	1	2
Gegenstand 18 mal Fokus von der Linse	—	—	—	—	1 1/8	2 1/4
„ 10 „ „ „ „ „	—	—	—	—	1 1/4	2 1/2
„ 5 1/2 „ „ „ „ „	—	—	3/8	3/4	1 1/2	3
„ 4 1/2 „ „ „ „ „	—	—	—	7/8	1 3/4	3 1/2
„ 3 1/2 „ „ „ „ „	1/8	1/4	1/2	1	2	4
„ 3 „ „ „ „ „	—	—	—	1 1/8	2 1/4	4 1/3
„ 2 3/4 „ „ „ „ „	—	—	5/8	1 1/4	2 1/2	5
„ 2 1/4 „ „ „ „ „	—	3/8	3/4	1 1/2	3	6
„ 2 1/8 „ „ „ „ „	—	—	7/8	1 3/4	3 1/2	7
„ 2 „ „ „ „ „	1/4	1/2	1	2	4	8
Kopieren in gleicher Größe						

Tabelle der *S*-Nummern zum Gebrauche bei Vergrößerungen.

Normalgegenstands-Nummern, wenn das Objekt mehr als 24 Fokusweiten von der Linse entfernt ist	1/16	1/8	1/4	1/2	1
Vergröß.-Durchm. Fokus von der Linse					
1 1/2 Wand 2 1/2 mal	3/8	3/4	1 1/2	3	6
2 „ 3 „	—	1 1/8	2 1/4	4 1/2	9
2 1/2 „ 3 1/2 „	3/4	1 1/2	3	6	12
3 „ 4 „	1	2	4	8	16
4 „ 5 „	1 1/2	3	6 1/4	12 1/2	28
5 „ 6 „	2 1/4	4 1/2	9	18	36
6 „ 7 „	3	6	12	24	49
8 „ 9 „	5	10	20	40	81
10 „ 11 „	7 1/2	15	30	60	121
15 „ 16 „	16	32	64	128	256
20 „ 21 „	25	50	100	200	400
25 „ 26 „	42	84	169	338	676

Wo die Gegenstandsnummern größer sind als in der Tabelle des Instrumentes, können sie durch 10 dividiert werden, und das berechnete Endresultet wieder mit 10 multipliziert werden.

Im Jahre 1895 gab Watkins seinem Expositionsmesser die Form einer Taschenuhr (Fig. 139 und 140). Die Vorderseite war mit blauem Glas bedeckt, hinter welchem das sensible Papier und die Normalfarbe sich befand (Eders Jahrb. f. Phot. 1896, S. 438; 1898, S. 371).

Kurze Anweisung für den Gebrauch von Watkins' Belichtungsmesser in Uhrform.

Prüfung des Lichtes. Man halte das Instrument so, daß es von demselben Lichte, welches den Aufnahmegegenstand erleuchtet, getroffen wird. Mit Finger und Daumen der rechten Hand fasse man den gerieften Rand des Instrumentes, drehe

mit der Linken den Deckel (am Griffe) gerade so weit herum, daß ein frisches Stück des lichtempfindlichen Papieres freigelegt wird und lasse nun den Kettenpendel schwingen. Je eine Doppelschwingung (hin und her) des Pendels dauert 1 Sekunde, und man zählt nun die Sekunden, welche verfließen, bis das frische Stück des lichtempfindlichen Papieres in der Tiefe der Färbung mit der daneben angebrachten Normalfarbe übereinstimmt.

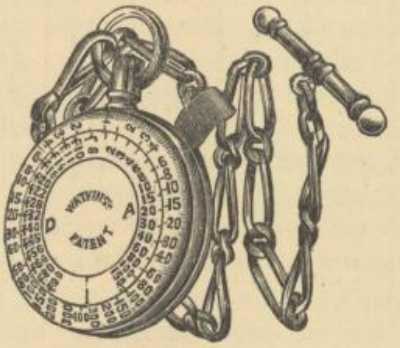


Fig. 139.

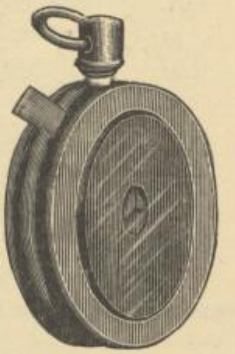


Fig. 140.

Watkins' Expositionsmesser in Uhrform.

Berechnung der Belichtungsdauer. Indem man die Zahl 1 oben hält, bringt man die Blendenöffnungszahl (auf dem inneren Kreise) an die Plattenempfindlichkeitszahl (auf dem äußeren Kreise) und findet dann gegenüber der Aktinometerzahl (d. i. die bei der Lichtprüfung erhaltene Sekundenzahl) die Belichtungsdauer auf dem äußeren Kreise. Steht die erhaltene Belichtungszahl rechts von der Zahl 1, so bedeutet sie ganze Sekunden; steht sie dagegen links von 1, dann bedeutet sie den Bruchteil einer Sekunde, z. B. $2 = {}^1/_2$, $10 = {}^1/_{10}$ u. s. f.

Watkins änderte 1900 die Form seines Expositionsmessers, den er „Dial-Exposure-Meter" oder „The Dial-Meter" (Zifferblattmesser) nennt. Er hat gleichfalls die Gestalt einer Taschenuhr, ist dem vorigen ähnlich, jedoch sind am Zifferblatt nur die für den Gebrauch und die Ablesung der Expositionszeit notwendigen Ziffern an drei Fensterchen ersichtlich. Fig. 141 zeigt dieses Instrument (genaue Beschreibung s. Eders Jahrb. f. Phot. 1902, S. 497).

Fig. 141. Watkins' Dialmeter.

Fig. 142. Watkins' Bee-Expositionsmesser.

Die neueste, sehr kompendiöse Form von Watkins' Belichtungsmesser ist der vereinfachte „Bee"-Expositionsmesser (Fig. 142); er kann wie eine Uhr getragen werden und hat eine Britannia-Metallkapsel und Sprungdeckel. Auf Wunsch mit U. S. (Universal-System) Zifferblatt, speziell zur Benutzung mit Kodaks, Premos und Lumièreschen Autochromplatten angepaßt. Die Einrichtung der ringförmigen Rechenschieber ist im Prinzip ganz dieselbe, wie bei

den anderen Watkinsschen Apparaten. Beim Beemeter für Autochromaufnahmen zeigt die Belichtungstabelle eine Abweichung von jenen für gewöhnliche Trockenplatten, weil man Autochromplatten bei schwachem Licht unverhältnismäßig länger belichten muß, um durchgezeichnete Bilder zu erhalten, was eine Eigentümlichkeit des Verfahrens ist. Als gewöhnliche Empfindlichkeitsziffer von Autochromplatten ist Watkins Zahl = 0,2 bis 0,3 angenommen; bei 64maliger Lichtverringerung wird für Autochromplatten die Belichtungszeit auf das 128fache verlängert.

Hurters Entwicklungsfaktor, Watkins' Faktor; Entwicklungsspielraum. Hurter und Driffields „Development-Faktor" ist durch die charakteristische Kurve der Gradation der Negative bestimmt; sie ist in den Gradationsdiagrammen die Tangente des Winkels zwischen der Linie der korrekten Belichtung (er ist für normale Gradation = 1) und der Basis, welche die „Inertia" der Platte (siehe S. 221). Der Watkins-Faktor ist die Zahl, mit welcher die Zahl des ersten Erscheinens der Bildspur beim Entwickeln einer photographischen Platte multipliziert werden muß, um ein ganz ausentwickeltes Negativ zu erhalten. Der „Development-Speed" von Watkins gibt die Zahl in Minuten an, welche man zur Entwicklung bei einer Entwicklertemperatur von 60° F mit Watkins' Zeitentwickler benötigt, um ein normales Negativ vom Hurterschen Faktor 1 zu bekommen (Ferguson, Eders Jahrb. f. Phot. 1910, S. 449).

2. Wynnes Infallible Exposure Meter

wurde aus Wrexham (England) seit Frühjahr 1893 in den Handel gebracht und zwar anfänglich in der in Fig. 143 abgebildeten Form. Hierbei waren Zahlentabellen, welche Objektivblenden, Plattenempfindlichkeit und jeweilige Helligkeit betreffen, in Form eines Schiebelineals angebracht; ein kleines Normalfarbenphotometer mit Bromsilberpapier gestattete die aktinometrische Messung der jeweiligen Tageshelligkeit (Eders Jahrb. für Phot. 1894, S. 362).

Wynne drückt die Empfindlichkeit einer Platte durch Größe einer Blende aus, durch welche die Platte das Aktinometer-Zeitmaß für eine korrekte Exposition auf einen normalen Bildgegenstand erreicht. Hierbei erfordert die als $f/8$ bezeichnete Empfindlichkeit beim besten Sommerlichte nur 1 Sekunde Aktinometer-Zeitmaß, die Belichtungszeit von 1 Sekunde, oder: die Blende $f/8$ braucht die Belichtungszeit 1 Sekunde für die Wynnesche Empfindlichkeitsanzeige 1.

Fig. 143.
Wynnes Expositionsmesser.

Ein Photometer mit ganz willkürlicher Skala im Pigmentverfahren (Diapositiv) war „Wynnes Infallible Print Meter“ (Fig. 144), welcher um das Jahr 1897 in den Handel gebracht worden war, und zwar speziell für Kopierverfahren (Eders Jahrb. f. Phot. 1898, S. 372).

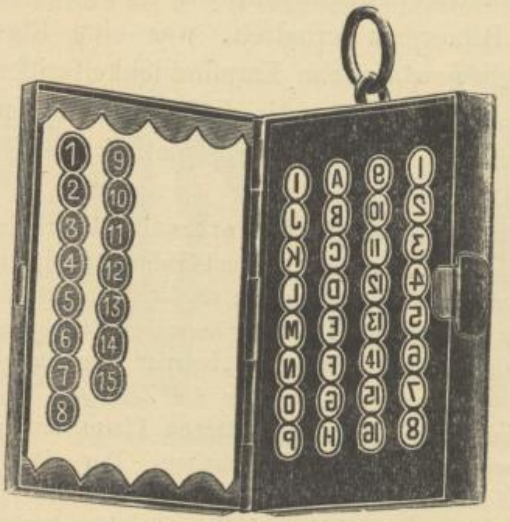


Fig. 144. Wynnes Printmeter.

3. Decoudins Photokompaß.

Decoudin in Paris kombinierte einen Belichtungsmesser mit einem Kompaß (1908) und nannte das Instrument „Aktino-Photometer-Kompaß“ oder kurzweg „Photo-Kompaß“ (Fig. 145).

Der Photo-Kompaß mißt den aktinischen Wert des von einem zu photographierenden Gegenstande ausgestrahlten Lichtes, und folglich die Belichtungsdauer für Platten und Films jeder Art, Farbenphotographie und Bromsilberpapier bei Kontakt oder Vergrößerung.

Fig. 145.

Fig. 146.

Decoudins Photokompaß.

Der Apparat ist mit einer Bussole (Kompaß) versehen, welche die für die Beleuchtung eines Gegenstandes günstigen Tagesstunden anzeigt.

Im Innern des Photo-Kompaß befindet sich, unter einer federnden Klappe, eine Rolle gewöhnliches Chlorzitrat-Silber- oder Aktinospapier, welches sich sehr gut hält. Der Streifen hat eine hinreichende Länge für über 100 Operationen und kann in einigen Sekunden ausgewechselt werden.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Die Handhabung ist einfach: Man nimmt den Apparat zwischen Daumen und Mittelfinger der linken Hand und schiebt mit dem Zeigefinger den Riegel. Man stellt hierauf das Glas so, daß es der Mitte des zu photographierenden Gegenstandes gegenübersteht und läßt den Riegel los. Das Papier wird belichtet, während man die Sekunden zählt bis zum Augenblick, wo unter dem gelben Glas ein Punkt sichtbar wird.

Hat z. B. die Kopierung des Punktes 30 Sekunden erfordert (siehe Fig. 146), so stellt man den Zeiger des kleinen drehbaren Zifferblattes der Nummer 30 auf dem festen großen Zifferblatt gegenüber. Die Belichtungsdauer ist alsdann auf demselben Zifferblatt angegeben gegenüber den Blenden, die man anwenden will. S. z. B. in der Figur: $^1/_4$ Sekunde an der Ziffer 1, Normalblende $F/_{10}$, $^1/_{15}$ an der Marke †, $^1/_8$ an 0, die Anastigmaten vorstellend; $^1/_2$, 1, 2, 4 und 8 Sekunden mit den Blenden 2, 4, 8, 16, 32. — Diese Belichtungszeiten verstehen sich für alle den „Lumière"-Platten, blaue Etikette, ähnliche Platten, die man auf gewöhnliche Art entwickelt.

Bei Anwendung von Platten und Films von verschiedener Empfindlichkeit reguliert man selbst den Photo-Kompaß, indem man einfach den federnden Zeiger verstellt, dessen Sperrstift erlaubt, ihn auf verschiedene Stellungen festzustellen.

Auf der Rückseite des Photo-Kompaß ist eine Bussole eingefügt. Die sie umgebenden Pfeile zeigen die Richtung der Sonne zu bestimmten Stunden an, was für Landschaften und Gegenlicht sehr nützlich ist.

Derselbe Photometer, jedoch ohne Kompaß, wird von Decoudin in der in Fig. 147 abgebildeten Form angefertigt. Das Zifferblatt wird hierbei durch zwei gravierte Tabellen ersetzt[1]).

Fig. 147. Decoudins Photometer.

Expositionsmesser in Form von Rechenschiebertabellen mit Normalfarbenphotometer.

Zu diesen zählen: der Imperial Exposure-Meter (engl. Patent Nr. 3873 vom Jahre 1901) der Imperial Dry Plate Co. Ltd. in Cricklewood bei London, mit Hurter und Driffields Empfindlichkeitswerten; der „Universal"-Expositionsmesser von Dr. J. H. Smith in Zürich usw.

II. Umrechnung der Angaben der Empfindlichkeit von Trockenplatten verschiedener Systeme.

Umrechnungstabellen rühren von Watkins, Sterry, Eder, Luther und Weiß, Ferguson, Wall u. a. her.

Die Umrechnungszahlen nach den im Jahre 1910 geltenden Angaben der verschiedenen englischen Expositionsmesser geben wir in nachstehender Tabelle[2]).

---

1) Zu beziehen von B. Wachtel in Wien VII, Kirchberggasse.

2) Nach E. J. Wall (Eders Jahrb. f. Phot. 1910, S. 41). Diese Zahlen stimmen besser mit den in England anerkannten Zahlen, als die Luther-Weißsche Tabelle (Eders Jahrb. f. Phot. 1909, S. 82).

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Klassifikation der Platten	Hurter und Driffield[1])	Watkins (P)	Wynne (F-Nummer)	Scheinergrade
	5	7	17	*c*
	6	9	19	*b*
	7	10	20	*a*
	9	13	23	1
	12	18	26	2
Wenig empfindlich	15	22	30	3
	19	28	33	4
	24	35	37	5
	31	45	43	6
	39	51	48	7
	50	74	55	8
Gewöhnliche Empfindlichkeit	64	94	62	9
	82	120	70	10
	104	153	79	11
Rapid	133	195	89	12
	170	250	100	13
	216	318	114	14
	276	406	128	15
	351	516	145	16
Extra rapid	448	659	163	17
	570	838	184	18
	727	1070	207	19

Bei allen diesen Angaben sind kleine Bruchteile weggelassen worden.

Die Formeln für die gegenseitige Umwandlung dieser drei Empfindlichkeitsangaben sind die folgenden:

$$\text{Watkins} = \text{H. u. D.} \times 50 \div 34.$$
$$\text{Wynne} = \sqrt{\text{Watkins}} \times 6{,}4.$$
$$\text{Wynne} = \sqrt{\text{H. u. D.}} \times 7{,}7.$$

Thorne Baker gibt nachstehende Tabelle der Umrechnung der Sensitometergrade nach Watkins, Wynne, sowie Hurter und Driffield (Phot. News 1905, S. 535).

Watkins	Wynne	Hurter und Driffield	
		Eisenoxalat	Pyrogallol
16	28	13	23—24
22	32	17—18	31
32	40	26	47
45	45	36	65
65	56	52	94
90	64	72	130
130	80	104	188
180	90	144	260
250	111	200	360
350	128	380	504

1) Entwickelt mit Pyrogallol-Soda-Entwickler.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Wie man sieht, schwanken die Hurter-Driffieldschen Zahlen stark mit der Entwicklungsart. Gegenwärtig gelten die mit Pyrogallol-Entwickler ermittelten Zahlen.

Die Reduktion von Hurter-Driffields Sensitometerzahlen auf Scheiner-, Watkins- und Wynne-Zahlen ist höchst ungenau, weil die Systeme nicht streng untereinander vergleichbar sind.

G. A. Payser machte aufmerksam, daß die Hurter-Driffieldschen Sensitometerzahlen von verschiedenen Photochemikern variabel auf Watkins' Empfindlichkeitszahlen reduziert werden; so setzt z. B. Fernau 100° Hurter = 125° Watkins, andere (Eder, Hett, Sterry) aber 112 bis 200° Watkins; es müssen Fehlerquellen vorliegen (Phot. News 1905, S. 349). [Hierzu sei bemerkt, daß Hurters System niemals genaue Empfindlichkeitszahlen von photographischen Platten liefert, worauf Eder wiederholt hinwies (Eders Ausf. Handb. d. Phot., Bd. 3, 5. Aufl., S. 242).]

Watkins führt in einem Vortrage vor der Londoner Photographischen Gesellschaft aus, daß die Bestimmung der „Inertia" nach Hurter und Driffield auf Grund der charakteristischen Schwärzungskurven mit steigender Entwicklungsdauer (Pyrogallol-Soda ohne Bromzusatz) variabel wird (Brit. Journ. Phot. 1903, S. 93). (Dies ist eine Bestätigung der zuerst von Eder experimentell bewiesenen Angabe, daß die Hurtersche „Inertia" kein verläßliches Maß der Plattenempfindlichkeit ist; siehe Eder, System der Sensitometrie 1899, S. 42; Eders Jahrb. f. Phot. 1903, S. 457.)

In „Photography" (23. Juni 1908) wird auf die ungenügende Methode der Sensitometerangaben, bezw. der Umwandlung von Hurter-Driffield-Zahlen in jene des Watkinsschen Expositionsmessers hingewiesen. Speziell wird erwähnt, daß z. B. 100° Hurter und Driffield bei einem Plattenfabrikanten nicht notwendig dasselbe sind, wie bei einem anderen. Man könne eben die verschiedenen englischen Sensitometersysteme nur ganz ungefähr, keineswegs aber genau aufeinander reduzieren.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

ELFTES KAPITEL.

CHEMISCHE WIRKUNGEN DES FARBIGEN LICHTES.

Der gegenwärtige Stand unserer Kenntnis der chemischen Wirkungen des farbigen Lichtes gestattet nur die Aufstellung von einzelnen Regeln, jedoch ist es nicht möglich, allgemein gültige Gesetze über spezielle Wirkungen der einzelnen Lichtgattungen verschiedener Wellenlänge aufzustellen. Der Verlauf der photochemischen Reaktionen ist aber allzu variabel. Immerhin lassen sich die allermeisten Beobachtungen unter folgende vom Verfasser[1]) im Jahre 1879 aufgestellte Sätze, welche jedoch nur als ungefähr orientierende Regeln gelten sollen, zusammenfassen:

1. Das Licht jeder Farbe vom äußersten Violett bis zum äußersten Rot, sowie die unsichtbaren ultraroten und ultravioletten Strahlen können eine chemische Wirkung ausüben.

2. Jene Strahlen, welche chemisch auf einen Körper wirken, müssen auch von demselben verschluckt werden; die chemische Lichtwirkung hängt mit der optischen Absorption eng zusammen. (Daneben kommt die katalytische Lichtwirkung in Betracht, s. I. Bd., 2. Teil, 3. Aufl.)

3. Jede Lichtsorte kann oxydierend und reduzierend (oder polymerisierend usw.) wirken, je nach der Natur des lichtempfindlichen Körpers. [Das äußere Ultraviolett beeinflußt besonders stark chemische Reaktionen[2]).]

4. Wenn sich auch die oxydierende Wirkung der roten und die reduzierende der violetten Lichtstrahlen nicht scharf sondern läßt, so kann man doch im allgemeinen sagen, daß das rote Licht auf metallische Verbindungen meistens oxydierend, das violette Licht aber meistens reduzierend wirkt.[3]) Der Fall, daß das rote Licht aber auch reduzierend auf metallische Verbindungen wirken kann, tritt namentlich bei

---

1) Eder, Über die chemischen Wirkungen des farbigen Lichtes, Wien-Leipzig 1879, S. 66.

2) Winther faßt die Lichtempfindlichkeit als eine Arbeit auf, welche für die Abtrennung eines Elektrons aufgewendet wird; die lichtelektrische Erregbarkeit nimmt aber mit der Kürze der Wellenlänge des Lichtes zu (Zeitschr. f. wiss. Phot. 1911, S. 229).

3) Sehr häufig liegen kombinierte Oxydations-Reduktionsprozesse vor.

SLUB Wir führen Wissen.
gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

der latenten Lichtwirkung auf Silbersalze ein, s. S. 249. — Auf die Verbindungen der Metalloide untereinander scheint immer das kurzwellige Licht am kräftigsten einzuwirken, wie z. B. auf Chlorknallgas, Salpetersäure, schweflige Säure, Jodwasserstoff usw. (Schwefelwasserstoffwasser wird aber durch rotes Licht rascher zerstört.) Die Lichtwirkung ist je nach der Natur der Substanz teils oxydierend, teils reduzierend. — Auf organische Verbindungen (namentlich farblose) wirkt in den meisten Fällen das violette und ultraviolette Licht am kräftigsten oxydierend ein; Farbstoffe werden von jenen Lichtstrahlen am stärksten oxydiert, welche sie absorbieren. In allen Fällen ordnet sich aber die chemische Wirkung des farbigen Lichtes dem Gesetze unter, daß jene Strahlen am kräftigsten wirken, welche von der lichtempfindlichen Substanz stark absorbiert werden.

5. Nicht nur die Absorption der Lichtstrahlen durch den belichteten Körper selbst, sondern auch die Absorption des Lichtes durch beigemengte Stoffe spielt bei der chemischen Wirkung des Lichtes eine wichtige Rolle. Die Lichtempfindlichkeit des ersteren wird für jene Lichtstrahlen, welche die letzteren absorbieren, häufig gesteigert. (Optische Sensibilisatoren.)

6. Eine dem lichtempfindlichen Körper beigemengte Substanz, welche den durch das Licht ausgeschiedenen Bestandteil (Sauerstoff, Jod, Brom usw.) chemisch bindet, befördert in der Regel die Zersetzung (chemische Sensibilisatoren).

7. Das Verhalten gegen farbiges Licht variiert bedeutend mit der Reinheit der betreffenden Verbindung und deren molekularem Zustand, eventuell mit der Art der Entwicklung des latenten Bildes.

8. Die direkte Schwärzung der Silberverbindungen durch die Lichtstrahlen läuft nicht parallel mit der latenten Lichtwirkung.

9. Die Wirksamkeit des Sonnenspektrums schwankt bedeutend mit dem Zustande der Atmosphäre, so daß auch bei gleichem Sonnenstande und anscheinend reinem Himmel der chemische Effekt nur selten gleich ist; absolute Zahlen über die chemische Wirkung der Spektralfarben lassen sich deshalb nur schwierig geben.

I. Darstellung der Wirkung des Sonnenspektrums auf photographische Platten.

Die photochemische Wirkung des Lichtes verschiedener Wellenlänge drückt man in der Art aus, daß man die Größe der chemischen Zersetzung in den verschiedenen Spektralbezirken in einer gewissen Zeit bestimmt. Bei photographischen Prozessen mißt man die Größe der Schwärzung an den belichteten Stellen, welche das Maß für die

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Stärke der stattgehabten photographischen Wirkung angibt und auch für die Beurteilung der Farbenempfindlichkeit einer photographischen Platte maßgebend ist. Die Messung des Schwärzungsgrades geschieht mit den üblichen sensitometrischen Methoden. Vgl. Seite 193.

Sehr übersichtlich ist die graphische Darstellung der Schwärzungskurven photographischer Platten mit Berücksichtigung des Spektrallichtes verschiedener Wellenlänge und verschiedener Belichtungszeit

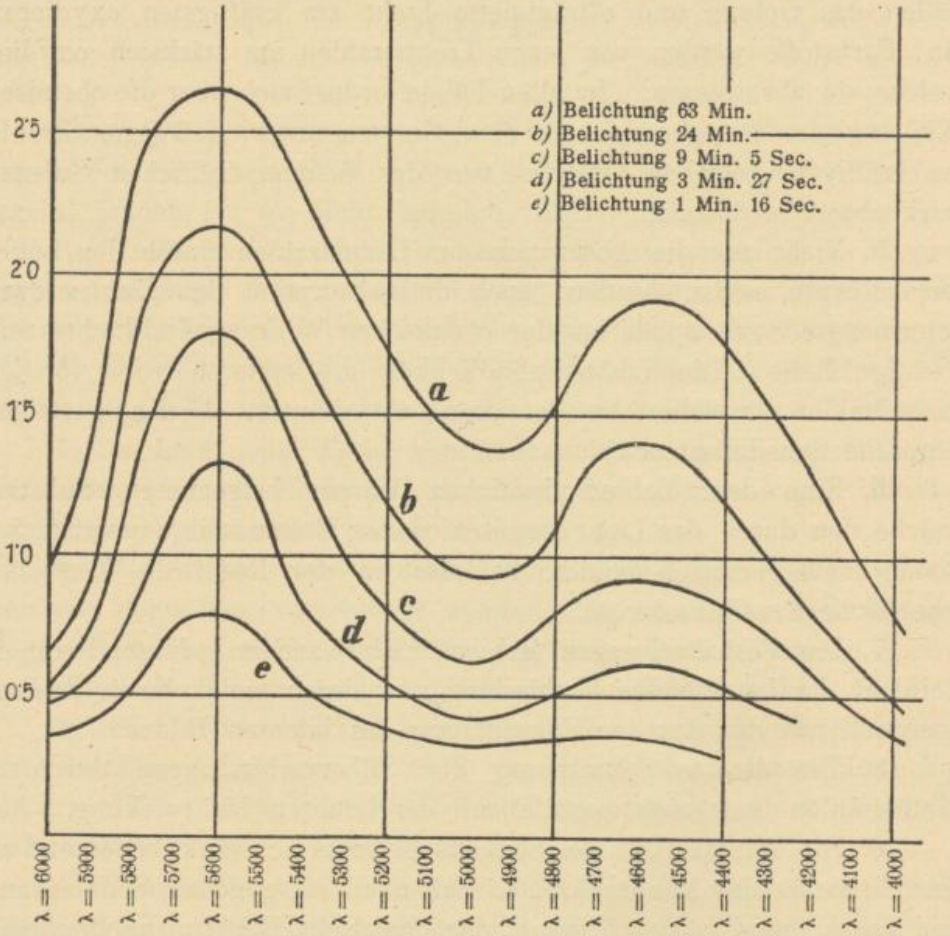


Fig. 148.
Empfindlichkeitskurve von Erythrosin-Bromsilbergelatine gegen das Spektrum des Gaslichtes.

(Periode der kürzeren Belichtung, normalen Belichtung und Überexposition).

Man geht hierbei folgendermaßen vor. In der Abszisse eines Koordinatensystems werden die Wellenlängen des Spektrums eingetragen, in die Ordinate die Schwärzungszahlen (= Logarithmen der Undurchlässigkeit der geschwärzten photographischen Schichten gegen Licht).

So ist in Fig. 148 das Verhalten einer orthochromatischen Bromsilbergelatineplatte (Erythrosin-Badeplatte) gegen das Spektrum einer

Leuchtgasflamme graphisch dargestellt. Die Zahlen λ 6000—4000 geben die Wellenlänge des wirkenden Lichts an; die Zahlen 0,5 bis 2,5 die an den betreffenden Bezirken des Spektrums erfolgten photographischen Schwärzungen nach dem Entwickeln und Fixieren der Platte. Die Kurven *a*, *b* und *c* in Fig. 148 stellen die zu den betreffenden Farben des Spektrums gehörenden Schwärzungskurven bei einer von 1 Minute auf 3 und 9 Minuten steigenden Belichtungszeit dar.

Benutzt wurde ein Gitterspektrograph. Man sieht, wie mit zunehmender Lichtwirkung die Schwärzung steigt, wie ein Maximum im Gelbgrün, das zweite im Blau auftritt, und wie bei diesen Versuchsbedingungen die Gelbgrünempfindlichkeit die Blauempfindlichkeit überwiegt.

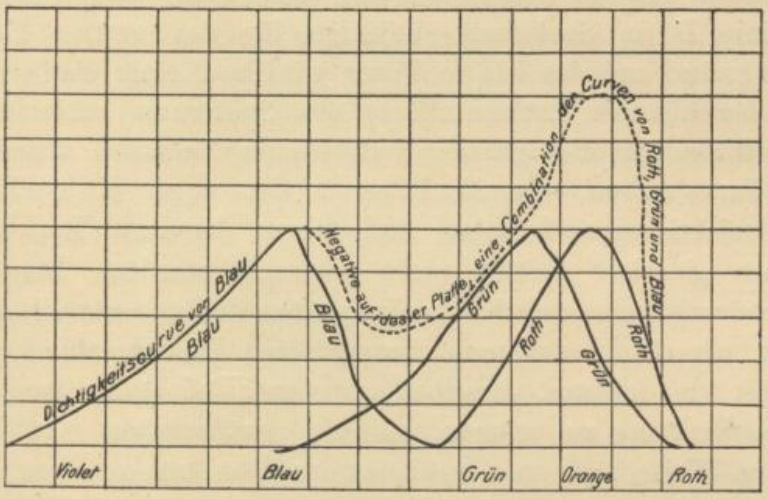


Fig. 149. Panchromatische Platte für Dreifarbendruck.

Wie nach dieser Darstellungsart eine ideale Platte für Dreifarbenphotographie sich verhalten müßte, geht nach W. de W. Abney aus vorstehender Skizze hervor. Man beachte, daß in Fig. 149 die rote Seite der Kurve sich rechts und die violette links befindet, während bei unserer Skizze Fig. 149 die Anordnung entgegengesetzt war. Diese verschiedene Anordnung ändert aber an der Sache gar nichts.

Da die Spektralfarben keine Pigmentfarben, sondern Farbenerscheinungen sind, so muß man die denselben am nächsten kommenden wirklichen Farben auswählen, um die Filter herzustellen. Nach Abneys Ansicht sind die Töne des Spektrums, welche sich dazu am besten eignen, die rote und die blaue Linie des Lithiumspektrums und die grüne Linie des Magnesiumspektrums. Wählt man nun die diesen Farben entsprechenden Farben aus, so ist es nach Abneys Ansicht durchaus nicht unmöglich, mit solchen Filtern sogen. „ideale“ Platten (Negative) für den Dreifarbendruck herzustellen.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Zur Bestimmung der eigentlich reinen Spektralfarben (ohne Beimischung von Weiß usw.) gibt Abney bestimmte Berechnungsmethoden an, nach welchen der prozentuale Gehalt an wirklichen Farben und deren Helligkeit ermittelt werden kann. Daraus ergeben sich die Kurven, welche in Fig. 149 gegeben sind. Die Kurven für Grün und Rot sind nahezu von gleicher Höhe, während die blaue sehr flach ist. Trotz dieser geringen Helligkeit macht das Blau doch einen starken Eindruck auf die photographischen Platten, so daß dadurch der Unterschied wieder ausgeglichen wird. Was die zu den Filtern zu benutzenden Farben betrifft, so sollen sie, wie bereits erwähnt, möglichst den genannten drei Spektralfarben entsprechen. Die Farbe für das rote Filter soll ein Orange oder ein wenig roter sein, als die Farbe der Natriumlinie *D* im Spektrum, diejenige für das grüne Filter ein Emeraldgrün, und das blaue Filter wird aus einer Farbe gebildet, welches der blauen Lithiumlinie des Spektrums entspricht. Die Aufnahmefilter für die grünen und blauen Negative können auch dieselbe Farbe haben, wie die Filter in dem sogen. Ivesschen dreifachen Projektionsprozeß, aber das hierzu benutzte Rot kann zu Aufnahmen „idealer" Platten nicht gebraucht werden. Die für den Dreifarbendruck angewendeten Trockenplatten sind von gänzlich anderem Charakter, als die in der monochromatischen Photographie benutzten; aber es ist viel leichter, dieselben mit den an sie gestellten Anforderungen in Einklang zu bringen, als die gewöhnlichen. Auf die hier angegebene Weise kann man vollkommene Resultate erhalten, vorausgesetzt, daß die angewendeten Filter in den richtigen Verhältnissen das Licht durchlassen (Photography 1905, S. 522; Eders Jahrb. f. Phot. 1906, S. 417).

Die in Fig. 148 gezeigte Art der Darstellung ist das Ergebnis genauer, quantitativ messender Versuche betreffend die Wellenlänge des Lichtes und die photographische Schwärzung.

Für gewöhnlich begnügt man sich mit einer mehr zusammengedrängten Skizze, welche nur schematisch den Verlauf der Schwärzungskurve, bezogen auf die Fraunhoferschen Linien des Sonnenspektrums, darstellt. Solche Kurven sind (unter Zugrundelegung eines prismatischen Spektrums des Sonnenlichts, wie es in Glasapparaten erhalten wird) im Nachfolgenden (Fig. 150ff.) angegeben. Selbstverständlich sind Gitterspektren ganz analog darzustellen, nur wird die rote Seite des Spektrums weiter auseinandergezogen, die blaue enger zusammengedrängt erscheinen.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

II. Wirkung der farbigen Strahlen auf Silbersalze.

Die meisten Silbersalze färben sich im Lichte dunkler oder schwärzen sich.

Silbersalze können ihre Lichtempfindlichkeit auf dreierlei Weise zeigen. Sie können sichtlich geschwärzt werden (direkte Lichtwirkung) oder ein latentes Bild erzeugen, das entweder physikalisch (Daguerreotypie, nasses Kollodiumverfahren) oder chemisch entwickelt wird (Bromsilber-, Chlorsilber-, Jodsilberemulsion mit alkalischer Pyrogallolentwicklung oder dergleichen).

Die empfindlichen Schichten werden auf Papier, wenn die zu prüfenden Silbersalze unlöslich sind, durch doppelte Zersetzung in der Textur des Papiers dargestellt; sind sie dagegen löslich, so taucht man das Papier in ihre wässerige oder alkalische Lösung. Im allgemeinen ist im erstern Falle die Schwärzung eine viel intensivere, wenn das lösliche Silbersalz, z. B. das Silbernitrat, im Überschusse vorhanden ist.

Ebenso wie die Silberhaloide leicht Silbernitrat adsorbieren und dadurch in der Regel gesteigerte Lichtempfindlichkeit erhalten, so adsorbieren sie auch Jod und Brom, verlieren dann an Lichtempfindlichkeit ganz und teilweise.

Die nachweisliche Wirkung des Spektrums auf Silbersalze erstreckt sich vom Blauen abwärts bis weit über das sichtbare Spektrum hinaus, das Maximum der Intensität liegt meistens im Blauviolett und Ultraviolett. Bei lebhaft gefärbten Silberverbindungen liegt die Maximalwirkung des Lichtes entsprechend der Absorption auch im grünen, gelben bis roten Bezirk, z. B. bei Eosinsilber im Grün. Auch verändern beigefügte Farbstoffe die Farbenempfindlichkeit der Silberhaloide. Die Grenze der Wirkung des Spektrums ist auch von der Natur des Prismas, wie von der Durchsichtigkeit der Atmosphäre abhängig; bei Prismen von Quarz oder isländischem Spat reicht sie viel weiter ins Ultraviolett, als bei Prismen aus Glas (s. o.).

1. Papier mit Silbernitrat getränkt

ist weniger empfindlich als Chlorsilberpapier. Es hat die größte Empfindlichkeit für Blauviolett und schwärzt sich im Ultraviolett, Violett, Blau bis Grün, wie die Kurve 1 in Fig. 150 anzeigt.

2. Silberhaloidsalze.

Jod-, Brom- und Chlorsilber verhalten sich unter verschiedenen Versuchsbedingungen gegen das Spektrum verschieden.

Es ist ferner zu bemerken, daß Halogensilber in Form des nassen Kollodiumverfahrens mit physikalischer Entwicklung ein anderes spek-

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

trales Verhalten zeigt, als in Form von Kollodiumemulsion mit chemischer Entwicklung und dieses wieder anders als eine Gelatineemulsion (s. u.). Auch bei einer und derselben Art von Bindemittel, welches zur Emulsionierung des Haloidsilbers diente, können verschiedene molekulare Formen oder Korngrößen der Partikelchen des Bromsilbers usw. das Verhalten gegen das Spektrum stark beeinflussen.

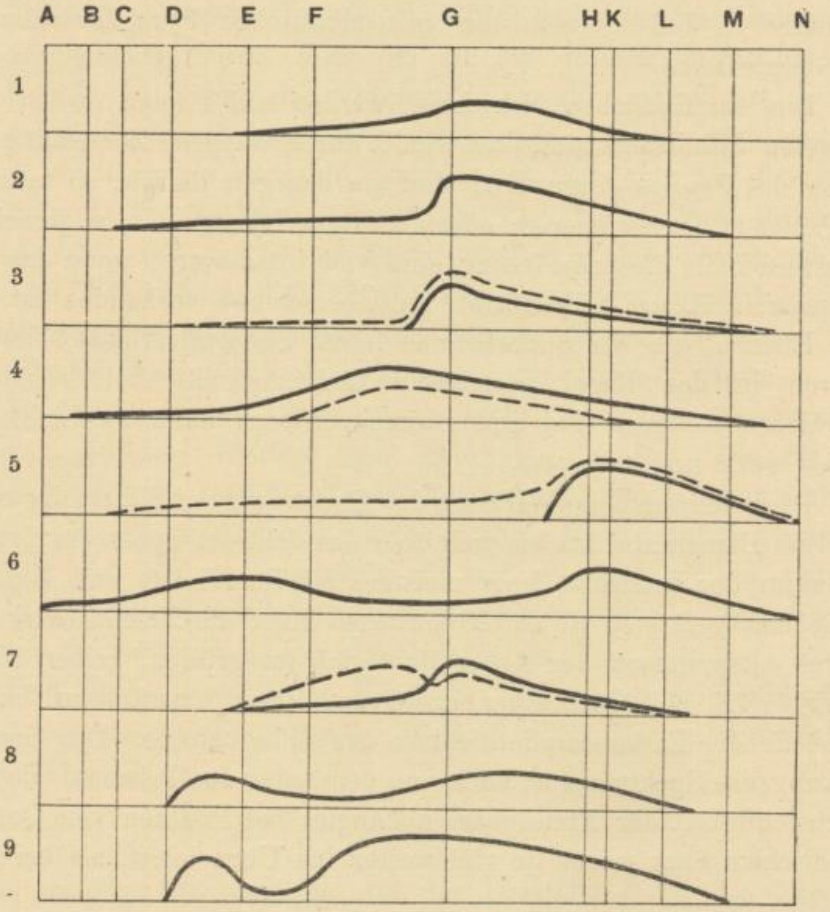


Fig. 150. Wirkung des Sonnenspektrums im Glasprismenspektrographen.

1. Papier mit Silbernitrat (kopiert). — 2. Jodsilber mit Silbernitratüberschuß auf Papier (kopiert). — 3. Jodsilber mit Silbernitratbad, nasses Kollodiumverfahren mit saurer Eisenvitriol-Entwicklung. — 4. Bromsilber mit überschüssigem Silbernitrat auf Papier (kopiert); die punktierte Linie entspricht der Schwärzung beim kürzeren Kopieren, und ganz ähnlich ist die Wirkung Bromsilber mit Silbernitratbad beim nassen Kollodiumverfahren mit saurer Eisenvitriol-Entwicklung. — 5. Chlorsilber und Silbernitrat auf Papier (kopiert). — 6. Chlorsilber, welches im Lichte violett angelaufen war (Bildung von Photochlorid) und dann erst dem Spektrum ausgesetzt wurde; ähnlich ist die Wirkung, wenn Chlorsilbergelatine oder Kollodium vorbelichtet und dann mit Ferrocitrat entwickelt wurde. — 7. Jodbromkollodium im nassen Kollodiumverfahren mit saurer Eisenvitriol-Entwicklung. — 8. Eosinsilberhaltiges Bromsilber mit Silbernitrat im nassen Kollodiumverfahren mit saurer Eisenvitriol-Entwicklung. — 9. Eosinhaltiges Bromsilber in der Gelatineemulsion mit alkalischem Pyro-Entwickler.

Die Frage: „Wie wirken die verschiedenen Strahlen des Spektrums auf Silberhaloidsalze?“ läßt sich nicht einfach beantworten. Die Empfindlichkeit gegen die reduzierende Lichtwirkung kann sich vom Infrarot bis zum Ultraviolett erstrecken;

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

die Art und Weise der Wirkung aber wird durch die optischen (Farbstoffzusätze) Sensibilisatoren wesentlich beeinflußt. Andererseits sehen wir aber, daß das Licht auf dieselben Silberverbindungen auch oxydierend wirken kann; die Oxydation wird aber am meisten durch rotes, die Reduktion durch violettes Licht gefördert.

In vielen Fällen wirkt das rote und violette Licht auf Chlor-, Brom- und Jodsilber gleichartig: es bewirkt eine Reduktion vom Ultraviolett bis ins Ultrarot, wie oben erwähnt wurde; diese Angabe gilt sowohl von mit Quecksilber entwickelten Daguerreotypplatten, als von Trockenplatten, mögen sie mit diesem oder jenem Präservativ bedeckt sein, und physikalisch oder chemisch entwickelt werden. Der Verlauf des Reduktionsprozesses bleibt sich immer gleich, wenn auch die Empfindlichkeit der Schicht mit den Nebenumständen variiert. Dies beweisen viele oben erwähnte Versuche. Es kann also der Satz aufgestellt werden, daß alle Strahlen des Spektrums gleichartig reduzierend auf die Silbersalze wirken können.

Andererseits sind viele Beobachtungen gemacht worden, daß das rote Licht eine dem violetten Lichte gerade entgegengesetzte Wirkung äußern kann. Durch rotes, orangefarbiges und gelbes Glas gegangene Strahlen zerstören nämlich die Wirkung des weißen Lichtes auf eine Daguerreotypplatte, so daß die Fähigkeit Quecksilber aufzunehmen vermindert oder ganz verschwunden ist (Claudet, Compt. rend. Bd. 25, S. 554). Die Wirkung des violetten Lichtes auf Daguerreotypplatten wird namentlich durch rotes Licht zerstört (Herschel, Lerebours in Paris, Draper in New York, Fizeau, Foucault). Ganz ebenso aber verhalten sich die Silbersalze beim Kollodiumverfahren, sowohl bei saurer als bei alkalischer Entwicklung.

Wird eine (infolge eines Hauches von Silber) schwach verschleierte Bromsilberplatte dem Spektrum exponiert, so zerstört der rote Teil das metallische Silber, während am violetten anfangs die Reduktion rasch vorschreitet. Das photographische Spektrum erscheint infolge dessen bei schleierigen Platten nach der Entwicklung am roten Ende positiv, d. h. dort, wo das rote Licht wirkte, ist kein metallisches Silber vorhanden, die dunklen Spektrallinien aber bestehen aus Silber (erscheinen also positiv). Übrigens tritt diese Umkehrung der Lichtwirkung bei stark verlängerter Belichtung nicht nur im Rot, sondern auch im Violett ein. Man exponiert eine Bromsilber-Emulsionsplatte kurze Zeit dem Tageslichte und exponiert sie dann dem Spektrum. Bei der Entwicklung (alkalisch) färben sich keineswegs die vom Spektrum belichteten Teile am dunkelsten, sondern vielmehr jene Stellen, auf welche die dunklen Linien gefallen sind, wo also das Licht nicht wirkte. Diese umkehrende Wirkung erstreckt sich vom Ultrarot bis ins Violett; sie tritt also bei jeder Art des Lichtes ein.

Abney[1]) hat den Nachweis zu liefern versucht, daß die roten und ultraroten Strahlen Beschleuniger der Oxydation sind und bei Bromsilber gerade den violetten Strahlen entgegenwirken. Die variable Wirkung des Spektrums auf Bromsilber erklärt er durch die Anwesenheit von zweierlei Arten von Molekülen des Bromsilbers und Jodsilbers, wovon die eine das rote, die andere das blaue Licht absorbiert.

In seinem gewöhnlichen Zustand hat das Jodsilber und Bromsilber eine gelbe Färbung, und dementsprechend zeigt es das Maximum der Absorption beim blauen Ende des Spektrums und ist für dieses am lichtempfindlichsten. Abney fand nun, daß es möglich sei, die Molekularform des Bromsilbers so zu ändern, daß es für Rot und Ultrarot empfindlich ist, weil es diese Strahlen absorbiert.

---

1) Bulletin Associat. Belge Photogr. 1878, Bd. 5, S. 115.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Er erhielt Bromsilber in einer Form, welche rotes Licht absorbiert und natürlich dann blaues reflektiert, während beim gewöhnlichen Bromsilber das Umgekehrte stattfindet. Die Identität bezüglich der Zusammensetzung dieser zwei Arten der Formen von Bromsilber erhellt daraus, daß die erste Form durch Reiben in die zweite umgewandelt werden kann; sie sind nur durch den verschiedenen molekularen Zustand unterschieden (s. S. 254).

Solches rotabsorbierendes Bromsilber gibt eine Schicht, welche für rotes Licht empfindlich ist, d. h. wenigstens mit großer Wahrscheinlichkeit.

Abney zeigte Spektralphotographien, bei denen das Rot und Violett sehr schön erschienen, das Gelb aber nahezu ganz abwesend ist.

Ferner hat Abney auf Bromsilber-Kollodiumplatten ein Spektrum photographiert, bei dem er das Blau durch rotes Glas unterdrückt hatte. So gelang es das Infrarot zu photographieren.

Er gibt auch an, daß rotes Licht die Oxydation beschleunigt, wodurch eine Erklärung für die Solarisationserscheinung und vielleicht auch für die Photographie in Farben von Becquerel und Niepce de St. Victor möglich ist. Daß Rot und Ultrarot die Oxydation beschleunigen, zeigte Abney durch folgendes Experiment: Er präparierte eine Platte mit „Emulsion für rotes Licht"; sie wurde 2—3 Sekunden im zerstreuten Licht exponiert und dann in eine Kuvette getaucht, welche mit einer oxydierenden Substanz (Kaliumhypermanganat, Kaliumbichromat, Salpetersäure, Wasserstoffhyperoxyd) gefüllt war. Die Lösungen sind sehr schwach, z. B. 5—6 Tropfen Salpetersäure in 125 ccm Wasser[1]). So eingetaucht wurde die Platte durch 7 Minuten im Spektrum exponiert und bei der Entwicklung zeigte es sich, daß nicht nur die roten Strahlen die Reduktion verhindert, sondern sogar den Schleier beseitigt hatten, indem sie die Fraunhoferschen Linien undurchsichtig auf durchsichtigem Grund zurückgelassen hatten[2]).

Jod- oder Jod-Bromsilber verhält sich ähnlich.

Über das Verhalten des Jodsilbers stellte Abney eine neue Reihe von Untersuchungen an. Er bediente sich dabei eines Rahmens, mit dessen Hilfe man die Platten in verschiedenen Gasen oder Flüssigkeiten exponieren kann. Eine Jodsilberschicht wurde gewaschen, in eine Lösung von salpetrigsaurem Natron oder schwefligsaurem Natron getaucht und darunter exponiert. Das Resultat war, daß man ein Spektralbild bis zur Linie *A* erhielt, während unter gewöhnlichen Umständen die Schicht nicht weiter als bis *B* empfindlich ist.

Dies beweist, wie Abney meinte, daß einige größere Molekülgruppen in dem gewöhnlichen Jodsilber existieren, welche das rote Licht unter Reduktion absorbieren; er suchte diese Gruppen zu vermehren.

Gewisse Bromsilberemulsionen, welche Rot absorbieren und deshalb dafür lichtempfindlich sind, sind bei gewöhnlichen Expositionsversuchen unempfindlich. Wenn man sie in Lösungen taucht, welche Sauerstoff und Halogene absorbieren, werden sie ebenso empfindlich, wie die anderen Proben. Wenn die Kuvette mit Wasserstoff oder Stickstoff gefüllt ist, erhält man dieselben Resultate. Wenn man unter dieser Bedingung exponiert, wird es unmöglich, ein umgekehrtes Spektralbild zu erhalten.

---

1) Bei noch verdünnterer Lösung glaubt Abney: Die Oxydation und die Reduktion paralysieren sich gegenseitig.

2) Am violetten Ende tritt die normale Erscheinung auf: Helle Spektrallinien auf dunklem Grund.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Schon früher hatte Abney gefunden[1]) und angegeben, daß wenn gewöhnliche Bromsilberemulsion mit einer Wasserstoff- oder Stickstoffatmosphäre der Wirkung des Spektrums 10 Minuten lang ausgesetzt wird, nicht die Spur von Solarisation (sogen. Bildumkehrung) der Schicht sich zeigt, wie solche in dieser Zeit bei Gegenwart von Sauerstoff im blauen Teil unfehlbar eintritt. Die Präservative bei Kollodium-Trockenplatten (z. B. Gallussäure) hindern durch Sauerstoffabsorption die Solarisation; erst nach sehr langer Zeit tritt hier Solarisation ein. Wenn gewöhnliche Bromsilberschichten unter Lösungen von Pyrogallussäure, Gallussäure, Eisenvitriol und Kaliumferrooxalat exponiert und alkalisch entwickelt werden, so erhält man ein Bild von Rot und Infrarot. Unter Lösungen von salpetrigsaurem Kali exponierte Bromsilber- oder Jodsilberschichten (unter gewöhnlichen Umständen für Rot unempfindlich) gaben mit einem Entwickler von neutralem oxalsaurem Eisenoxydul ein Bild bis weit ins Ultrarot. Gewisse Silberverbindungen werden also durch Fernhalten des Sauerstoffes für gewisse Strahlen empfindlich.

Die oxydierende Wirkung der roten und gelben Strahlen im Sinne Abneys, sowie der älteren Forscher Poitevin und Becquerel[2]) bestritten Zenker und H. W. Vogel[3]); sie wurde aber von Lüppo-Cramer wieder zu Ehren gebracht[4]).

a) Direkte Schwärzung von Bromsilber.

Bromsilber wird sowohl bei Gegenwart von Bromkalium als überschüssigem Silbernitrat, als auch in gewaschenem Zustande vom Lichte rasch direkt geschwärzt. Jedoch wirkt Silbernitrat beschleunigend und wenn Bromsilber auch nur mit wenig überschüssigem Silbernitrat zusammen ist, schwärzt es sich durchgreifender.

Im Sonnenspektrum beginnt die Schwärzung sofort im Blau und erstreckt sich über das ganze sichtbare Spektrum und sogar über die roten Strahlen hinaus. Das Maximum der Wirkung liegt in der Nähe der Fraunhoferschen Linie *G* (Sir John Herschel). Bromsilberpapier (durch Baden von Papier in Bromkaliumlösung und Silbern im Silberbade) mit überschüssigem Silbernitrat exponiert, schwärzt sich am raschesten zwischen *G* und *F*, wie Kurve 4 in Fig. 150 angibt (Eder).

Auch gewaschenes Bromsilberpapier, welches statt Silbernitrat mit Kaliumnitritlösung sensibilisiert ist und als Photometerpapier Verwendung findet, zeigt ein ähnliches Verhalten gegen das Sonnenspektrum.

Bromsilbergelatine (mit überschüssigem Bromkalium präpariert und gewaschen) wird im Hellblau am raschesten schwarz, mit dem Maximum bei etwa λ 450 $\mu\mu$; übrigens ist die Wirkung sehr ähnlich der in Kurve Fig. 150 Nr. 4 angegebenen.

---

1) Photogr. Mitt. Bd. 15, S. 96.
2) Phot. Korresp. 1907, S. 376 und 439.
3) Phot. Mitt. Bd. 15, S. 47.
4) Phot. Korresp. 1909, S. 583.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Färbt man Bromsilberpapier mit gewissen Farbstoffen, so erfährt es eine Empfindlichkeitssteigerung für die weniger brechbaren Strahlen beim Auskopierprozeß. Nicht alle Farbstoffe, welche für den Entwicklungsprozeß gute Farbensensibilisatoren sind, wirken beim direkten Kopierprozeß gleich gut. Wirksam sind z. B. Chlorophyll für Rot, Rhodamin B für Orange und Gelb, Erythrosin für Gelbgrün und Grün, Auromin für Hellblau (Andresen)[1].

Rhodamin-Bromsilberpapier (s. dieses Handbuch Bd. III), welches mit überschüssigem Silbernitrat und nachherigem Auswaschen hergestellt wird und für gewisse photometrische Zwecke Bedeutung besitzt, untersuchte Eder[2] im Spektrographen. Er fand das Maximum der Wirkung

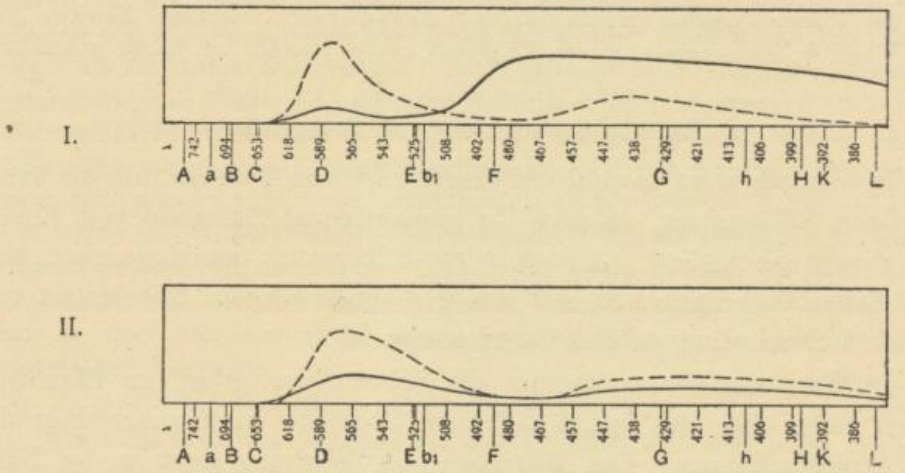


Fig. 151. Wirkung des Sonnenspektrums auf Rhodamin-Bromsilberpapier.

des Sonnenspektrums nächst der Linie *D* (bei λ 589 bis 587); bei längerer Belichtung verbreitet sich das Band von λ 608 bis 571 und darüber hinaus; im Blaugrün ist ein Minimum und im Hellblau bei λ 440 bis 450 liegt ein zweites Maximum, an das sich ein breites Band Ultraviolett anschließt. Die gestrichelte Kurve I Fig. 151 veranschaulicht diese Wirkung des Spektrums auf Andresens Bromsilberpapier. — Färbt man Bromsilbergelatineplatten, welche ohne Silbernitratüberschuß (nach Art photographischer Trockenplatten) hergestellt sind, mit demselben Rhodamin-Farbstoff, trocknet und setzt sie der direkten schwärzenden Wirkung des Sonnenspektrums aus, so bemerkt man dasselbe Sensibilisierungsband im Orange und Gelb, aber in geringerer Stärke (s. Fig. 151);

1) Phot. Korresp. 1898, S. 504.

2) Sitzungsberichte d. k. Akad. d. Wissensch. in Wien; Mathem.-naturw. Kl., Juli 1902.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

die geringen Spuren Silbernitrat in Andresens Papier erhöhen eben die sensibilisierende Wirkung beträchtlich. Ähnlich verhält sich Rhodamin-Bromsilberkollodium mit Silbernitratüberschuß, wobei die gestrichelte Kurve II Fig. 151 das chemisch entwickelte Bild des Sonnenspektrums, die ausgezogene Kurve die direkte Schwärzung angibt. Latentes Lichtbild und direkte Schwärzung zeigen somit ähnliche Wellen im Spektrum (Eder, Sitzungsberichte d. k. Akad. d. Wiss. Wien, Mathem.-naturw. Kl., Bd. 110, Abt. IIa, Okt. 1901, S. 1118 und Bd. 111, Juli 1902).

b) Bromsilber mit Entwicklung.

Wird das Bromsilber kurz belichtet und das latente Lichtbild entweder physikalisch oder chemisch entwickelt, so wird der Verlauf der Wirkung des farbigen Spektrums, insbesondere seine Maximalwirkung durch diese Art der Hervorrufung bei ein und derselben Art der sensiblen Schicht, wenig beeinflußt; dagegen bringt verschiedene Präparation der photographischen Schicht, insbesondere aber Kollodium- oder Gelatineemulsion, ein wesentlich verschiedenes spektrales Verhalten mit sich.

c) Daguerreotypplatten.

Daguerreotypplatten mit Brom dargestellt sind weiter ins Grüne empfindlich, als Jodsilberplatten, weshalb Herschel schon 1840 und 1842 diese Anwendung empfahl und sagte: „Es muß eine neue Photographie geschaffen werden, in welcher Brom die Grundlage bildet“ [1]).

d) Bromsilberkollodiumbadeplatten mit physikalischer Entwicklung.

Bromsilber im nassen Kollodiumverfahren mit saurer Eisenvitriol- oder Pyrogallol-Entwicklung. Crookes beobachtete eine Wirkung von *E* und *F* bis zum Violett nach *H*. Schultz-Sellack fand nasse Bromsilberkollodiumplatten bis zu *F* im Blau empfindlich; Becquerel dagegen bis zur Linie *E*. — Bei sehr langer Belichtung im Spektrum hinter rotem Glas rückt die Wirkung schwach bis ins Rot vor. H. W. Vogel fand [2]), daß selbst bei der relativ kurzen Exposition von 7 Minuten auf trockenem Bromsilber die Empfindlichkeit bis *D*, ja bei längerer Exposition bis *a* im Rot reicht; daß ferner Bromsilber unter Silbernitratlösung exponiert empfindlicher für Blau, dagegen weniger empfindlich für Rot und Gelb wird.

Färbt man Bromsalzkollodium mit Eosin (oder besser Äthyleosin) und silbert es dann im Silberbade, so resultiert eine sensible Schicht

1) Philos. Transact., Dinglers Journ., Bd. 133, S. 430.
2) Poggend. Annal. Phys., Bd. 153, S. 220.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

von Bromsilber, Eosinsilber und überschüssigem Silbernitrat, welche beim Belichten im Sonnenspektrum und Entwickeln mit Eisenvitriol fast ein geschlossenes Band vom Ultraviolett bis über *D* ins Orangegelb zeigt und gut für orthochromatische Gemäldeaufnahmen (aber nur in sehr hellem Lichte!) geeignet ist.

e) Bromsilber-Kollodiumemulsion.

Wird Bromsilber in Kollodium, also in alkoholisch-ätherischer Lösung emulsioniert und gewaschen, so zeigt es in dieser Form eine wesentlich andere Farbenempfindlichkeit im sichtbaren Spektrum als Gelatineemulsion. Bromsilberkollodium ist nach H. W. Vogel[1]) am empfindlichsten für Indigoblau in der Region um die Fraunhofersche Linie *G* (bei λ 430 $\mu\mu$), während Bromsilbergelatine das Maximum der Empfindlichkeit im Hellblau bei ungefähr λ 450 $\mu\mu$ besitzt.

Die Versuche Eders bestätigten diese Angaben; nach seinen Spektrumphotographien läßt sich die Wirkung des Sonnenspektrums auf Bromsilbergelatine mit chemischer Entwicklung durch die Kurve 1 in Fig. 152 darstellen (Maximum der Wirkung in Hellblau zwischen den Fraunhoferschen Linien *G* und *F*), während Bromsilberkollodium sowohl mit chemischer als physikalischer Entwicklung die größte Empfindlichkeit zwischen *H* und *G* im Indigoblau besitzt (Kurve 2 in Fig. 152).

Bromsilberkollodium wird meistens in gewaschenem Zustande (frei von Silbernitratüberschuß) in der photographischen Praxis verwendet, speziell nach entsprechender Farbensensibilisierung für Rot, Gelb und Grün (auch für Dreifarbenphotographie usw.). Es kann als Regel gelten, daß Bromsilberkollodium besser der Farbensensibilisierung zugänglich ist, als Bromsilbergelatine; manche Farbstoffe kommen im Kollodium erst dann zur vollen Wirkung, wenn Silbernitrat zugesetzt ist, während Gegenwart von überschüssigem Bromammonium oder dergl. der Farbensensibilisierung abträglich ist.

Abney entdeckte eine besondere Form der Bromsilberkollodiumemulsion, bei welcher im Gegensatze zur gewöhnlichen Kollodiumemulsion die Partikelchen sehr groß sind und Schichten, welche in der Durchsicht blau erscheinen, erhalten werden; dieselbe ist besonders empfindlich für Rot, ja für Ultrarot (s. S. 250). Man erhält diese Art durch Kochen von Bromsilberkollodium, wobei die Farbe des Bromsilbers in eine grünliche übergeht. Die Wirkung des Sonnenspektrums ist in Kurve 3, Fig. 152 wiedergegeben.

Um die infraroten Strahlen zu photographieren, stellt Abney[2]) seine Kollodium-

1) Ber. d. deutschen chem. Ges. 1881, Bd. 14, S. 1024.

2) Phil. Transact. 1880, II, 653. Beibl. Ann. Phys. Chem. 1881, 807; daselbst findet sich Näheres über den angewandten Spektralapparat, sowie Phot. News. 1878, Seite 302.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

emulsion in folgender Weise her: Er löst 16 g Kollodiumwolle in 120 ccm Äther (spez. Gew. 0,725), 60 ccm Alkohol (spez. Gew. 0,820) und setzt zu 90 ccm dieses Kollodiums 28 g reines Zinkbromid gelöst in 15—30 ccm Alkohol und 3,75 g Salpetersäure. $43^1/_2$ g Silbernitrat werden hierauf in möglichst wenig heißem Wasser gelöst und 30 ccm kochenden Alkohols zugesetzt. Diese Lösung wird allmählich zu dem bromierten Kollodium unter Umrühren zugesetzt. Die Kollodiumemulsion wird nun in einen

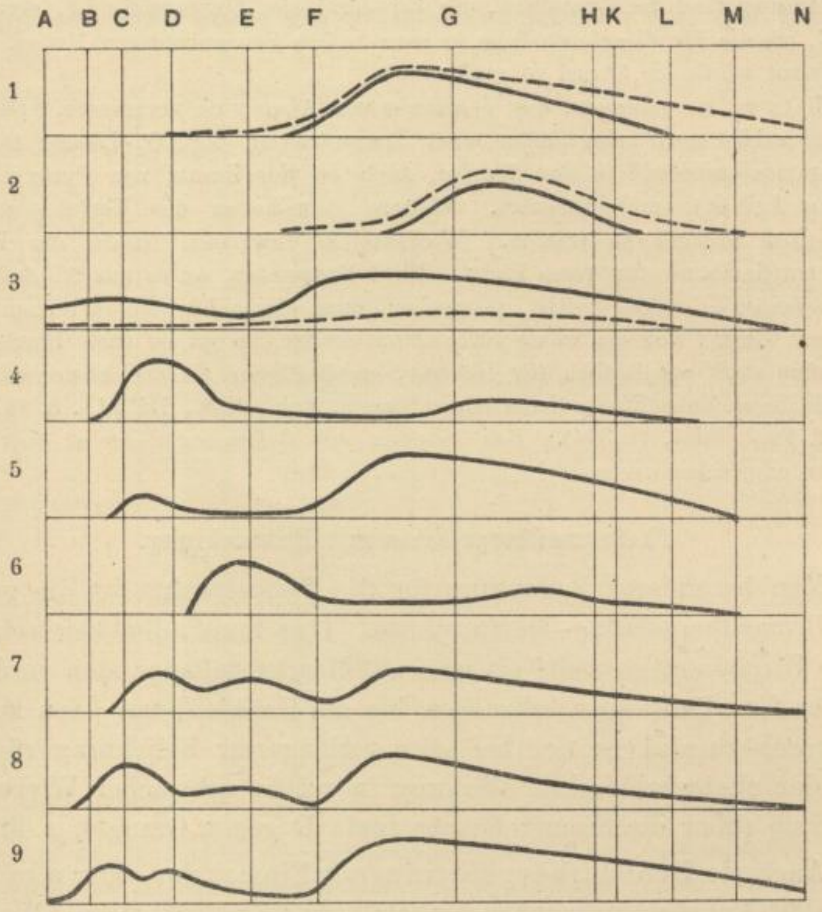


Fig. 152. Wirkung des Sonnenspektrums auf Bromsilberplatten im Glasspektrographen.

1. Bromsilbergelatineemulsion (entwickelt). — 2. Bromsilberkollodiumemulsion (chemisch oder physikalisch entwickelt). — 3. Rotempfindliches Bromsilberkollodium nach Abney. — 4. Bromsilberkollodium mit Äthylviolett (entwickelt). — 5. Bromsilbergelatine mit Äthylviolett (entwickelt). — 6. Bromsilberkollodium mit Fluorescein (entwickelt). — 7. Bromsilbergelatine mit Pinachrom (ähnlich ist Äthylrot oder Orthochrom). — 8. Bromsilbergelatine mit Pinacyanol. — 9. Bromsilbergelatine mit Dicyanin (sämtliche entwickelt).

Glaskolben gebracht, die Lösungsmittel in einem Wasserbade abdestilliert, wobei man aufhört, sobald alle festen Teile sich am Boden abgesetzt haben. Die übrigbleibende Flüssigkeit wird nun abgezogen und die Flasche mit Wasser gefüllt. Nach $^1/_4$ Stunde wird der Inhalt der Flasche auf ein Leinwandfilter gebracht, ausgepreßt und ausgewaschen. Der feste Rückstand wird hierauf in Alkohol von 0,820 spez. Gew. gebracht, um das Wasser zu entfernen, der Alkohol dann ausgerungen und endlich der Rückstand in eine Flasche gebracht und mit 60 ccm Äther (spez. Gew. 0,720) und

60 ccm Alkohol (spez. Gew. 0,805) übergossen. Mit dieser Lösung wird die Glasplatte bedeckt, dann gewaschen, in eine verdünnte Lösung von Salzsäure gebracht, gewaschen und hierauf getrocknet.

Zum Entwickeln dient der Eisenoxalat-Entwickler.

Vermindert man die Menge der Salpetersäure auf $^1/_4$, so erhält man bei sehr kaltem Wetter Platten, die für Wärmestrahlen von siedendem Wasser oder Quecksilber empfindlich sind.

Abney fand die Exposition, die bei der Linie *A* notwendig ist, etwa 25mal so groß, als die für *G* erforderliche in ganz hellem Sonnenlicht um Mittag, und für das Infrarot würde sie 35mal so groß sein.

Ritz ist es gelungen, das Verfahren von Abney zu verbessern. Die besten Resultate erhält man beim Fällen einer konzentrierten $AgNO_3$-Lösung mit Zink- oder Ammoniumbromid in der Wärme, auch ist der Zusatz von Pyroxylin (1,5 g auf 10 g $AgNO_3$) empfehlenswert. Weitere Einzelheiten des Verfahrens müssen im Original nachgelesen werden. Wiederholtes Erwärmen macht die Emulsion immer empfindlicher für rotes Licht. Wird Bromsilber, sei es aus Alkohol, sei es aus wässerigen Lösungen gefällt, gewaschen, dann einige Minuten in reinem Wasser oder nach Zusatz von ein wenig Silbernitrat erhitzt, so ist es nach Emulsifikation in Gelatine stark empfindlich für Infrarot, empfindlicher als die Abneysche infrarotempfindliche Kollodiumemulsion (siehe Compt. rend. 1906, Bd. 143, S. 167; Eders Jahrb. f. Phot. 1907, S. 394). Das Arbeiten mit Gelatineemulsion ist aber im allgemeinen empfehlenswerter.

f) Bromsilbergelatine mit Entwicklung.

Von besonderer Bedeutung für die Photographie ist die gewöhnliche Bromsilbergelatine-Trockenplatte. Ihre Empfindlichkeit reicht ins äußere Ultraviolett so weit, als man mit Bergkristallapparaten vordringen kann und verläuft ununterbrochen bis ins Hellblau, um dann im Blaugrün rasch zu sinken; nur bei sehr verlängerter Belichtung rückt das Band der photographischen Wirkung in relativ schwacher Wirkung bis über Gelb (über die Fraunhofersche Linie *D* gegen Orange), s. Fig. 152.

Auch die Bromsilbergelatine (mit Eisenoxalat- oder alkalischem Pyrogallol-Entwickler usw.) zeigt ein etwas verschiedenes Verhalten, je nachdem es die lichtempfindlichere oder weniger empfindliche Modifikation des Bromsilbers enthält (Eder[1]). Bekanntlich erhält frisch gemischte Bromsilbergelatine wenig empfindliches Bromsilber, welches in dünner Schicht in der Durchsicht rot erscheint und „feinzerteiltes pulveriges Bromsilber“ enthält. Mit dieser Emulsion überzogene Platten zeigen nach kurzer Belichtung eine Wirkung von Ultraviolett bis Blaugrün (nahe der Fraunhoferschen Linie *F*) mit dem Maximum der Wirkung $F^2/_3\,G$[2]). Bei längerer Belichtung schreitet die Wirkung beiderseits

1) S. dieses Handbuch, III. Band, Photographie mit Bromsilbergelatine (4. Aufl.). — Zuerst publiziert in den Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wissensch. Wien, II. Abt., 1884.

2) D. h. zwei Drittel der Distanz von *F* nach *G*.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

sowohl gegen Ultraviolett bis gegen Grün vor. Die Kurve 1, Fig. 153 zeigt ein Bild von den Intensitätsverhältnissen der Wirkung bezogen auf die Fraunhofersche Linie (die punktierte Linie gibt die Schwärzung der Bromsilberschicht nach kurzer, die voll ausgezogene nach langer Belichtung). Digeriert man die Emulsion mit Ammoniak, so wird die Emulsion nicht nur im allgemeinen lichtempfindlicher, sondern es rückt die Empfindlichkeit etwas gegen Gelb im Spektrum vor; das Maximum

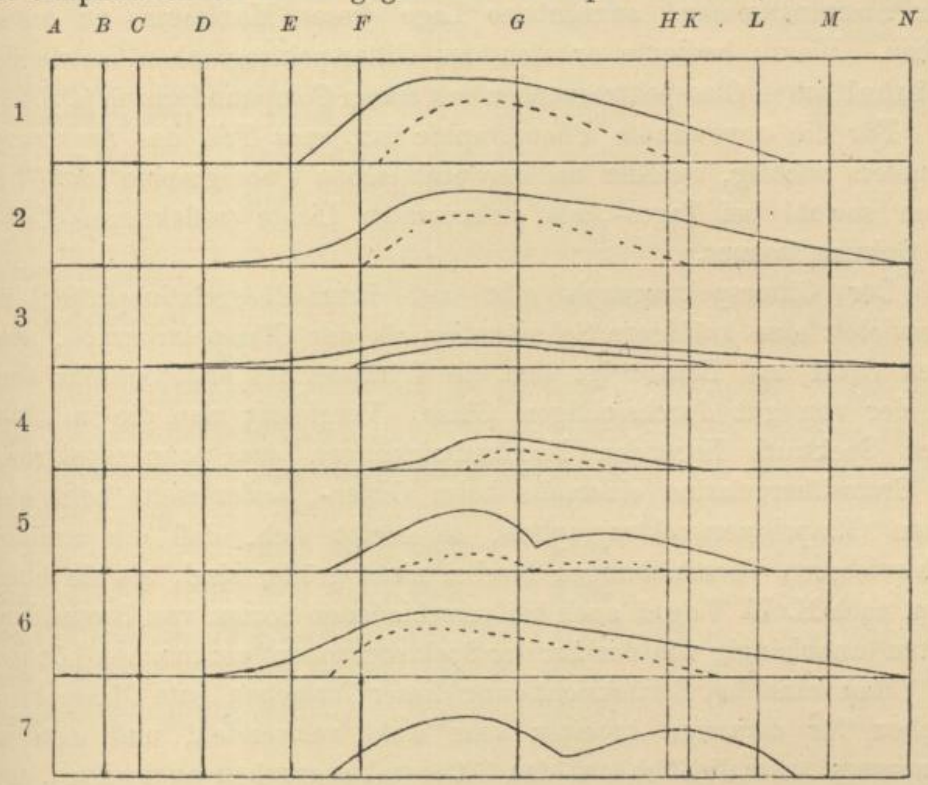


Fig. 153. Wirkung des Sonnenspektrums auf Silberhaloid im Glasspektrographen.
1 bis 3 Spektrumbild auf verschiedenen Modifikationen des Bromsilbers. — 4 auf Jodsilbergelatine. — 5 auf gemischter Jodsilbergelatine und Bromsilbergelatine. — 6 auf zusammendigeriertem Jodbromsilber. — 7 auf gemischtem Jodsilber und Chlorsilbergelatine.

der Empfindlichkeit geht etwas (unbedeutend) weiter gegen *F* (Kurve 2 in Fig. 153), gleichzeitig entsteht die „feinzerteilte körnige Modifikation" des Bromsilbers, das Korn des Bromsilbers vergrößert sich und die Emulsion läßt in dünner Schicht blaues Licht durch. Nach sehr langer Digestion wird die Empfindlichkeit des Bromsilbers wesentlich gesteigert; die so erhaltenen extrarapiden Platten zeigen im Spektrographen kein so deutliches Maximum und die Kurve der Spektralwirkung verflacht sich und erstreckt sich bei stark verlängerter Belichtungszeit weiter gegen das weniger brechbare Ende des Spektrums bis *D* und darüber hinaus (Eder a. a. O.); S. 268. — Vgl. ferner Tafel III, V, VI, VII u. VIII.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Bei photographischen Aufnahmen normaler Belichtungszeit hat man bei Bromsilbergelatine mit chemischer Entwicklung nur mit einer Blau-, Violett- und Ultraviolettempfindlichkeit zu rechnen.

g) Empfindlichkeitsmaxima für Bromsilbergelatine.

Die Bedeutung des Empfindlichkeitsmaximums des Bromsilbers gegen das Spektrum für die Photographie veranlaßte Eder[1]), die nicht ganz übereinstimmend angegebene Lage dieses Maximums zu untersuchen. Hierzu bediente er sich des Gitterspektrographen, sowie des Steinheilschen Glasspektrographen mit einem Compoundprisma (s. S. 37).

Für die angewandte Photographie ist jener Teil des Spektrums besonders wichtig, welcher bei der praktischen Photographie mit Glaslinsen sowohl bei Tages-, als elektrischem Lichte (reflektiertes Licht) zur Geltung kommt.

Der Gitterspektrograph gibt auf Bromsilbergelatineplatten im Ultraviolett eine kräftigere Schwärzung als der Glasspektrograph, aber gegen Grün und Blau zeigt sich die Wirkung des ersteren sehr ähnlich der von gut durchsichtigem Glase. Vergleicht man die im sichtbaren Spektrum liegenden Maximalwirkungen des Sonnenspektrums auf Bromsilbergelatine einerseits beim Gitter-, andererseits beim einfachen Glasprismenspektrographen, so ergibt sich, daß die auffällig nachweisbaren Verschiebungen hierbei nicht größer sind, als sie überhaupt nach H. W. Vogel auch bei verschiedenen Sorten von Bromsilberplatten (unabhängig von der Art der Spektrographen) vorkommen können.

Man kann bei Berücksichtigung dieser Tatsachen gute Glasspektrographen für derartige Arbeiten sehr wohl verwenden, und man ist keineswegs ausschließlich auf den Gitterspektrographen angewiesen, um exakte Studien über den Verlauf der Sensibilisierung bei photographischen Platten machen zu können.

h) Variable Lage des Empfindlichkeitsmaximums verschiedener Sorten von Bromsilbergelatineplatten gegen das Sonnenspektrum, im Gitter- und Glasprismenspektrographen.

Nachstehende Tabelle gibt die Zusammenstellung der Lage des Maximums der Empfindlichkeit von Bromsilbergelatine gegen das Sonnenspektrum sowohl im Gitter-, als im Glasspektrographen.

Während bei kurz exponierten Platten und harter Entwicklung das Maximum sich bei diesen Platten in der Sonne (Glasspektrograph) bei $\lambda = 451$ bis 458 ergibt, so liegen die Mittel der Maximalwirkungen etwas länger belichteter (immer noch unterexponierter) Bromsilbergelatineplatten (Sonne) nicht genau an derselben Stelle.

1) Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wissensch. in Wien, Okt. 1901, Bd. 110.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

	Maximum der Wirkung im Spektrum	Beiläufiges Band der Hauptwirkung bei kürzerer Belichtung	Erstreckung des Bandes bei längerer Belichtung
Gitterspektrograph (Schleußnerplatte)	von λ 447—445 Mittel 446	von λ 458—420	(*E*- über *HK* gegen *L*) von λ 500 oder 476 bis Ende des Sonnenspektrums, starke Wirkung bis weit ins Ultraviolett
Glasspektrograph (Schleußnerplatte)	von λ 453—449 Mittel 451	von λ 460—425 oder bis 400	von λ 492—400
Glasspektrograph (Deutsche „Apolloplatte“)	Mittel $\lambda = 455$	von λ 468—430, fast ebenso bis $\lambda = 390$	
Glasspektrograph (Englische „Imperialplatte“)	von λ 462—455	von λ 468—440	von λ 486—425, ziemlich stark bis $\lambda = 400$

Das Maximumband solcher etwas länger belichteter Platten verläuft im Glasspektrographen (Sonne) bei verschiedenen anderen, als in der Tabelle angegebenen Bromsilbertrockenplatten des Handels durchschnittlich von

λ 468 bis λ 435, Mitte . . . $\lambda = 443$,
oder von λ 460 bis λ 425, Mitte . . . $\lambda = 452$,

was von rascherer Ausbreitung der Wirkung gegen Ultraviolett herrührt. Solche scheinbare Maxima wurden ferner von λ 445 bis 540 gefunden. Folgende Zusammenstellung macht dies klarer:

Wahre und scheinbare Maxima der Wirkung des Sonnenspektrums auf ein und dieselbe Bromsilbergelatinesorte.

Art des Spektrographen	Wahres Maximum bei kurzer Belichtung	Scheinbares Maximum (Mitte des Bandes) bei längerer Belichtung
Gitterspektrograph	λ 446	λ 436
Glasspektrograph	λ 451 (bis 458)	λ 443 (bis 454)

i) Empfindlichkeitsmaxima bei künstlichen Lichtquellen.

Künstliche Lichtquellen ändern die Lage des Empfindlichkeitsmaximums auf photographischen Platten entsprechend der spektralen Zusammensetzung des ausgesendeten Lichtes, und zwar fand Eder bei einer Versuchsreihe mittels des Glasspektrographen folgende Schwankungen:

		Maximum der Empfindlichkeit
Bromsilbergelatine,	Sonnenlicht	bei $\lambda = 451$
„	Auer-Gasglühlicht	454
„	Gas-Argandbrenner	456
„	Petroleum-Flachbrenner	457

Die photographischen Maxima auf Bromsilber treten stets als breite Bänder auf und sie lassen sich demzufolge nicht genau festlegen, jedoch entsprechen die obigen Ziffern gut der tatsächlichen Verschiebung des Maximums des photochemischen Effektes dieser Lichtquellen auf Bromsilbergelatine[1]).

Vielfach werden in der orthochromatischen Photographie Erythrosin-Gelatineplatten verwendet, welche den gebräuchlichen Typus der gelbgrünempfindlichen Platten abgeben[2]).

Das Sensibilisierungsmaximum auf Erythrosin-Bromsilberplatten liegt im Glasspektrographen für Sonnenlicht bei:

	Sensibilisierungsmaximum
Erythrosin-Bromsilbergelatine, kurze Belichtung .	von λ 565 bis 560
Mitte des Sensibilisierungsbandes ca.	bei λ 562

Das breite Sensibilisierungsband erstreckt sich beiderseits von $\lambda = 570$ bis 548, gegen Orange sinkt es mittelstark bis ca. $\lambda = 580$, verläuft schwach bis über die Fraunhofersche Linie *D* und verliert sich bei $\lambda = 600$, obschon es sich bei sehr langer Belichtung ins Orangerot schwach erstreckt; in letzterem Falle sind die Stellen des Sensibilisierungsmaximums schon unmäßig überexponiert. Gegen Grün sinkt die Wirkung mit abnehmender Wellenlänge weniger rasch, so daß bei längerer Exposition das Sensibilisierungsband sich unsymmetrisch, d. i. mehr gegen Blaugrün als gegen Gelb erweitert; mittelstarke Wirkung läßt sich bis ca. $\lambda = 540$ oder 545 verfolgen. Das Minimum der Wirkung liegt bei λ 502 bis 495.

Im Gitterspektrum liegt bei Erythrosin-Bromsilberplatten das Sensibilisierungsmaximum (Sonnenlicht) bei ca. $\lambda = 558$, also etwas weiter gegen das stärker brechbare Ende, jedoch sind bei diesen breiten Sensibilisierungbändern im Gitterspektrum die Bestimmungen dieser Maxima keineswegs genau.

Bei Eosinfarbstoffen und manchen anderen wirkt Zusatz von etwa 1 % Ammoniak zur Farbstofflösung günstig auf die Farbenempfindlich-

1) Das photographierte Spektrum dieser Lichtquellen erfährt an der stärker brechbaren Seite gegen Ultraviolett eine stark merkliche Verkürzung je nach der Lichtart.

2) Die Wirkung des Sonnenspektrums auf Erythrosinplatten zeigt Tafel III, Nr. 1, Tafel V, Nr. 2 und Tafel VII, Nr. 2; die Dämpfung des Blau durch Vorschalten gelber Gläser zeigt Tafel III, Nr. 3.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

keit der Bromsilbergelatineplatten; auch ein Vorbad von 1 proz. wässerigem Ammoniak und nachheriges Baden im Farbstoffbade leistet oft gute Dienste.

Hochempfindliche Bromsilbergelatineplatten zeigen eine, wenn auch nur geringe Empfindlichkeit für Gelb, Orange, Rot, ja sogar Infrarot. Will man im Spektrographen dies sicher nachweisen, so muß man die blaue Seite des Spektrums durch Vorschalten orangegelber Gläser abdämpfen oder ausschalten, um störende fremde Lichtreflexe auszuschalten.

Hinter einem Schirme einer orangeroten Chrysoidinlösung kann man das Sonnenspektrum auf gewöhnlichen Bromsilbergelatineplatten bis über die Fraunhofersche Linie *C* deutlich photographieren, wenn man nur lange genug exponiert (Eder, Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wissensch., Wien, Dez. 1884).

Deshalb ist es möglich, eine sonnenbeschienene Landschaft oder Architektur hinter einem orangegelben Lichtfilter zu photographieren, wenn man nur lange genug exponiert, um mit der sehr schwachen Empfindlichkeit der Bromsilberplatte für gelbes Licht ein genügend kräftiges Lichtbild zu erhalten. In Anbetracht der sehr geringen Empfindlichkeit der Bromsilbergelatine gegen langwelliges Licht ist ein solcher Vorgang jedoch unnütz[1]). Will man im grünen bis roten Bezirke photographieren, so soll die Bromsilbergelatineplatte durch sogen. Farbensensibilisatoren farbenempfindlich gemacht werden.

k) Farbensensibilisatoren für Bromsilber.

Prof. H. W. Vogel entdeckte im Jahre 1873 die Tatsache, daß beigemengte Farbstoffe das Bromsilberkollodium für grüne, gelbe und rote Lichtstrahlen empfindlich machen (sensibilisieren), wenn sie dieselben absorbieren; z. B. absorbiert Corallin gelbes und grünes Licht und macht das Bromsilberkollodium (mit Hervorrufung) empfindlich für diese Farben (siehe Kurve IV in Fig. 157). Diese Farbstoffe, welche das Bromsilber oder Chlorsilber für gewisse Farben des Spektrums empfindlich machen, nannte H. W. Vogel „optische Sensibilisatoren“; man kann auch derartige Substanzen nach dem Vorschlage des Verfassers, welcher sich seit 1884 mit dem Studium derselben insbesondere für Gelatineplatten befaßte, mit dem Namen „Farbensensibilisatoren“ bezeichnen[2]).

Das Sensibilisierungsmaximum eines Farbstoffes hängt innig mit dem Absorptionsmaximum des Farbstoffes zusammen. Beide Maxima liegen jedoch in der Regel nur annähernd, aber nicht genau an der-

1) Vgl. Eder, Phot. Korresp. 1895, S. 545.

2) Diesen Ausdruck hat Eder bereits im Jahre 1886 gebraucht (Phot. Korresp. 1886, S. 227) und wurde auch von Baron Hübl (Phot. Korresp. 1890) empfohlen. — Bothamley schlug den Namen „Selective Sensibilisatoren“ vor (Eders Jahrbuch f. Photogr. für 1889, S. 400).

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

selben Stelle des Spektrums; meistens ist das Sensibilisierungsmaximum etwas (z. B. um 30 $\mu\mu$) gegen Rot hin verschoben. Jedoch ist diese Regel nicht streng und nicht allgemein gültig. Farbstoffe mit mehreren Absorptionsbändern geben in der Regel ebensoviele Sensibilisierungsstreifen.

Häufig wirken schon ganz geringe Farbstoffspuren stark sensibilisierend. Bei Erythrosin bewirkt z. B. schon $^1/_{30\,000}$ Farbstoffzusatz zur Bromsilbergelatineemulsion noch nachweislich eine deutliche Sensibilisierung für Gelbgrün.

Die Konzentration der Farbstofflösungen ist von sehr großem Einflusse, indem zu starke Lösungen die Farbenempfindlichkeit **nicht** erhöhen, sondern sogar die Gesamtempfindlichkeit bedeutend herabdrücken; dies ist eine Folge der Schirmwirkung (Lichtabsorption) der allzu starken Farbstoffschicht, welche das Bromsilber einhüllt oder wie ein Schirm vor demselben lagert. Durch solche Schirmwirkung kann auch die Wirkung des Spektrums auf die photographische Schicht beeinflußt und das Sensibilisierungsmaximum und -minimum verschoben werden.

Mitunter fügt man absichtlich den sensibilisierenden Farbstoffen auch solche zu, welche das übermäßig stark wirkende Blau dämpfen (gelbe Farbstoffe[1]); sie wirken im selben Sinne, wie das Vorschalten von gelben Dämpfungsfiltern vor den Aufnahmeapparat. Diese Farbstoffgemische müssen sorgfältig ausgewählt werden, damit sie sich nicht gegenseitig stören.

Das Bromsilber ist in jeder Form seiner Darstellung einer Sensibilisierung durch Farbstoffe fähig, wenn auch nicht in gleich hohem Grade, ebensowohl, wenn man es mit Silbernitratüberschuß herstellt, als wenn man es mit überschüssigem Bromkalium oder dergl. fällt und dann wäscht. Schädlich wirkt aber stets die Gegenwart größerer Mengen von löslichem Bromid, welches die Farbensensibilisierung schwächt oder aufhebt; dagegen wirkt ein Überschuß (oft nur Spuren) von überschüssigem Silbernitrat bei vielen (nicht allen) Farbstoffen günstig[2]). Die Wirkung der Farbensensibilisierung kommt bei bindemittelfreiem Bromsilber, bei Bromsilberkollodium und Bromsilbergelatine zum Vor-

---

1) Solche Farbstoffe bringt die Farbenfabrik in Höchst am Main in den Handel.

2) Bereits H. W. Vogel hatte auch die günstige Wirkung von Silbernitrat auf die Farbensensibilisierung beobachtet.

Hübl beschreibt 1894 die Verschiedenheit des Verhaltens von Bromsilber gegen Anfärbung einerseits bei Gegenwart von löslichen Bromiden, andererseits bei Silbernitratüberschuß (Eders Jahrb. f. Phot. 1894, S. 189); s. ferner Lüppo-Cramer, Wissenschaftl. Arbeiten auf dem Gebiete der Photogr., Halle 1902, S. 65.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

schein, und zwar sowohl bei der direkten Schwärzung im Sonnenspektrum (lange Belichtung!), als auch beim photographischen Hervorrufungsprozeß, wobei der Verlauf des Sensibilisierungsbandes in seinem Typus wenig von der Art der Entwicklung (physikalische oder chemische Entwicklung) beeinflußt wird, wenn auch kleine Varianten der Farbenempfindlichkeit bei verschiedener Behandlung stets bemerklich sind.

Nach Lüppo-Cramer[1]) sensibilisieren feinkörnige Bromsilberemulsionen durch Farbstoffzusatz leichter als grobkörnige.

Besonders wichtig aber ist für die angewandte Photographie die Tatsache, daß Bromsilberkollodiumschichten in der Regel weit leichter und viel kräftiger sich für Rot, Gelb und Grün sensibilisieren lassen als Gelatineplatten. So erteilt z. B. Eosin dem Bromsilberkollodium (mit chemischer oder physikalischer Entwicklung) bei Anwesenheit von Spuren von Silbernitrat eine so gewaltige Gelb- und Grünempfindlichkeit, daß diese Farben photographisch weit kräftiger als Blau wirken. Dagegen erhöht derselbe Sensibilisator bei der Bromsilbergelatineplatte die Gelbgrünempfindlichkeit bei weitem nicht so stark über die Blauempfindlichkeit. Dies gilt nicht nur für die Eosinfarben, sondern auch z. B. für Fluorescein (Grünsensibilisator), für Äthylviolett (Rotsensibilisator) usw. und viele andere Farben, welche bei Gelatineplatten nur mäßig wirken, aber bei Kollodiumemulsionen gewaltige Farbensensibilisatoren sind. Mit diesen Tatsachen muß der Reproduktionsphotograph rechnen.

Die differente Wirkung des Äthylvioletts auf Bromsilbergelatine und -kollodium zeigen die Kurven in Fig. 152.

Wir wollen hier noch einige weniger bekannte, praktisch in der Photographie nicht benutzte Farbensensibilisatoren erwähnen, um die weite Gültigkeit der oben angegebenen Regel zu zeigen.

Fig. 154 zeigt die verschiedene Wirkung eines Farbensensibilisators auf Bromsilbergelatine und -kollodiumemulsion mit chemischer Entwicklung nach Spektrumphotographien Valentas[2]). Spektrum 1 stellt die Wirkung des Gaslichtspektrums auf eine mit Thiazolgelb gefärbte Bromsilbergelatineplatte vor; Spektrum 2 dasselbe auf Kollodiumemulsion, welche ein weit kräftigeres Sensibilisierungsband besitzt, so daß die Blauempfindlichkeit stark zurücktritt. Ähnliches ergibt sich bei Verwendung von Nitropheningelb (Spektrum 3: Gelatineplatte; Spektrum 4: Kollodiumplatte). (Valenta, Phot. Korresp. 1901, S. 231 und 490.)

---

1) Lüppo-Cramer, Wissenschaftl. Arbeiten auf dem Gebiete der Photogr., Halle 1902, S. 69.

2) Eder und Valenta, Beiträge zur Photochemie und Spektralanalyse (Wien 1904), S. 143.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Fig. 155, Nr. 1 zeigt die Wirkung des Titanscharlachs auf Bromsilbergelatine; Nr. 2 dasselbe mit Zusatz von Spuren von Silbernitrat. Man erkennt eine fast panchromatische Sensibilisierung.

Bei Verwendung von Bromsilberkollodium wird die Farbenempfindlichkeit gegen Rot bis Grün viel gewaltiger gesteigert so daß das

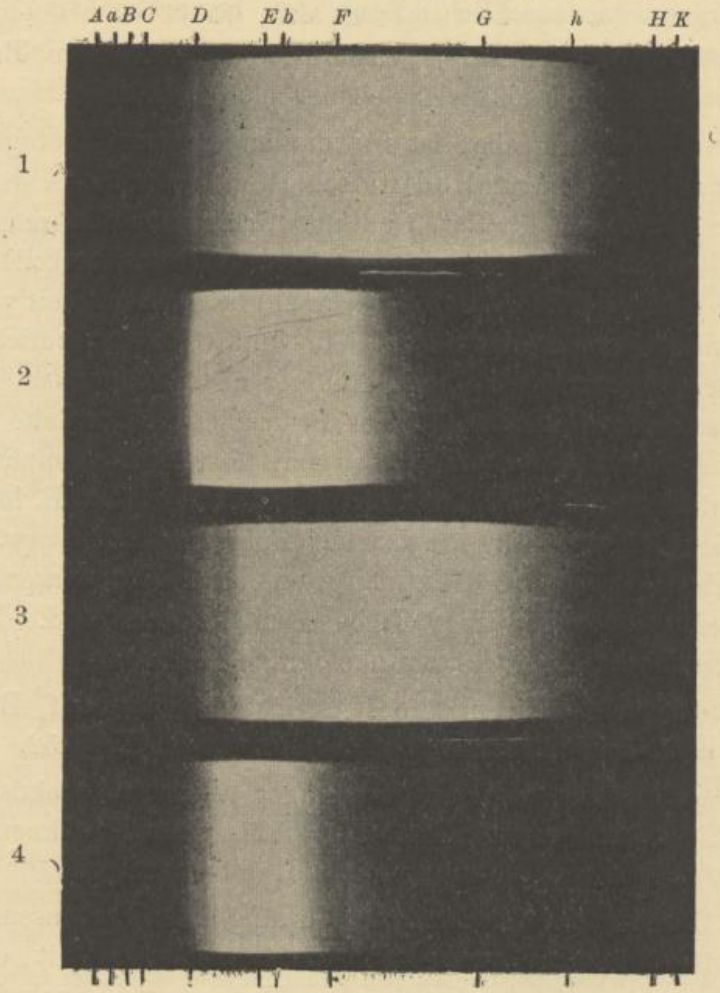


Fig. 154. Spektrumphotographie mit einem Glasspektrographen à vision directe.
Nr. 1 Bromsilbergelatine sensibilisiert mit Thiazolgelb. — Nr. 2 Kollodiumemulsion (AgBr) mit Thiazolgelb. — Nr. 3 Bromsilbergelatine sensibilisiert mit Nitropheningelb. — Nr. 4 Kollodiumemulsion mit Nitropheningelb.

Sensibilisierungsband (bei kurzer Belichtung) allein beim Entwicklungsprozeß hervortritt, dagegen die Eigenempfindlichkeit des Bromsilbers gegen Blau weit zurücktritt[1]).

Nicht alle Farbstoffe sensibilisieren gleich gut, ja manche wirken überhaupt nicht sensibilisierend. Jedenfalls muß ein Farbensensibilisator das Bromsilberkorn direkt anfärben und mit ihm — sei es chemisch,

1) E. Valenta, Phot. Korresp. 1901, S. 231 und 490.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

sei es durch Adsorption — innig verbinden. Deshalb kann man Bromsilbergelatineplatten, die mit Farbstofflösungen sensibilisiert sind, mit Wasser abspülen, ohne die Sensibilisierung aufzuheben.

Wir wollen hier nur einige der wichtigsten Sensibilisatoren für Bromsilbergelatineplatten anführen (vgl. Bd. III).

Gewisse gelbe Farbstoffe sensibilisieren für Blaugrün und verlängern gewissermaßen die Spektrumphotographie über die Grenze der

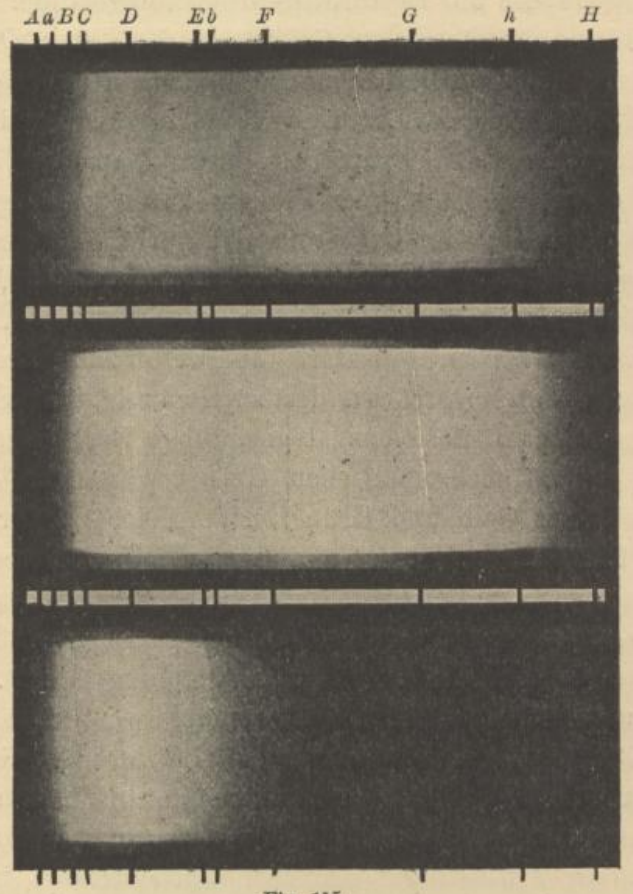


Fig. 155.
1 Bromsilbergelatine sensibilisiert mit Titanscharlach. — 2 Dasselbe mit Titanscharlach und Zusatz von Silbernitrat. — 3 Bromsilberkollodium, sensibilisiert mit Titanscharlach.

normalen Empfindlichkeit ins Blaugrün, weiter ins Gelbgrün oder Gelb. Hierher gehört z. B. Thiazolgelb, Nitropheningelb, dann Chrysanilin, Canariengelb, Akridingelb, Baumwollgelb. Die Wirkung dieser Farbstoffe ist nach E. Valenta[1]) in Fig. 154 abgebildet. — Übrigens sind einige dieser gelben Farbstoffe auch Sensibilisatoren im äußeren Violett und Ultraviolett (Valenta[2]).

1) Phot. Korresp. 1901, S. 321 und 490; 1902, S. 209 und 262.
2) Phot. Korresp. 1903, S. 483.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Von roten Farbstoffen seien die Eosinfarbstoffe mit dem besonders kräftig auf Bromsilbergelatine wirkenden Erythrosin (Tetrajodfluoresceinnatrium) erwähnt, welche zur Herstellung sogenannter orthochromatischer Platten dienen. Erythrosin sensibilisiert Bromsilbergelatine besser als Eosin (Tetrabromfluoresceinnatrium). Fig. 150 Nr. 8 und 9 zeigt die schematische Darstellung der Wirkung des Eosins auf Bromsilbergelatine und -kollodium. Tafel III zeigt die Abbildung einer Spektrumphotographie auf Erythrosin-Bromsilbergelatine. Man sieht das starke Sensibilisierungsband im Gelb (von der Linie *D* bis ins Grün bei *E*), einem Minimum im Blaugrün und dann aufsteigend das Band der Eigenempfindlichkeit des Bromsilbers. Bringt man gelbe Glasscheiben (Dämpfungsfilter) vor den Spalt des Spektralapparates, so wird die Wirkung des Spektralblaus und Violetts zurückgedrängt (s. Tafel III, Nr. 2) und die Wirkung im Gelb und Grün tritt relativ stärker hervor. — Für Bromsilberkollodium wirkt aber das Äthyleosin, Phloxin usw. als guter Gelbgrünsensibilisator besser als Erythrosin, Monobromfluorescein als Grünsensibilisator. Je weiter die Absorption dieser Farbstoffe gegen Orange vorrückt, desto weiter reicht die Sensibilisierung gegen Orangerot, z. B. Rose bengal gegenüber Erythrosin.

Da bei den orthochromatischen Gelatineplatten in der Regel die Empfindlichkeit für Gelb und Grün im Vergleich zu der Blauempfindlichkeit der Platte zu gering ist und die weitere Steigerung der Gelbempfindlichkeit vorläufig nicht gelingt, so muß man das zu helle Blau des zu photographierenden Objektes dadurch dämpfen, daß man vor dem Objektiv eine Gelbscheibe anbringt („Dämpfungsfilter"). Bei Eosin-Kollodiumplatten ist dies nicht nötig, besonders wenn man zur Dämpfung der blauen Strahlen die intensiv gelbe Pikrinsäure oder dergl. dem Kollodium zusetzt (s. S. 262). Will man einzelne Zonen des farbigen Spektrums ganz unterdrücken, z. B. für Zwecke der Dreifarbenphotographie oder der Auslöschung einzelner Farbeneffekte in einer polychromen Vorlage, so schneidet man diese Zonen durch stärker absorbierende farbige Gläser („Lichtfilter") gänzlich ab („Kontrastfilter").

Pinaverdol sensibilisiert für Grün bis Gelb.

Chinolinrot wirkt einigermaßen ähnlich wie Erythrosin als Gelbgrünsensibilisator und läßt sich in Mischungen mit Cyaninfarbstoffen verwenden, um panchromatische Platten zu erhalten.

Formylviolett sensibilisiert für Orangerot (siehe Fig. 18, S. 30).

Die Wirkung von Titanscharlach zeigt Fig. 155.

Besonders wichtig für die Spektrumphotographie sind die sog. Isocyaninfarbstoffe geworden, weil sie ein fast geschlossenes Band der Empfindlichkeit auf Bromsilbergelatine von Ultraviolett bis Orangerot

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

geben. Hierher gehört Äthylrot, Orthochrom, Pinachrom usw. Fig. 156 zeigt die Wirkung dieser Farbstoffe an einer mit Orthochrom sensibilisierten Platte bei normaler Belichtung; bei kürzerer Belichtung macht sich ein geringes Minimum im Blaugrün geltend. Pinachrom verhält sich ähnlich, geht aber etwas weiter ins Orangerot (s. Fig. 152). Eine gute Vorschrift zur Verwendung von Pinachrom usw. lautet:

600 ccm Wasser (dest.),
400 „ Alkohol,
15—20 „ Pinachrom (1:1000).

Tafel V, Nr. 3 zeigt die Photographie des Sonnenspektrums auf Orthochromplatten bei ziemlich kurzer Belichtung. In Tafel VI, Nr. 1 ist die Photographie des Sonnenspektrums auf einer Pinacyanol-Orthochromplatte bei reichlicher Belichtung abgebildet. Tafel VII, Nr. 1 zeigt eine ebensolche kürzer belichtete Platte. Man erkennt, daß die sensibilisierende Wirkung nicht völlig gleichmäßig ist, sondern mäßige Maxima und Minima bemerklich sind, die allerdings kaum stören.

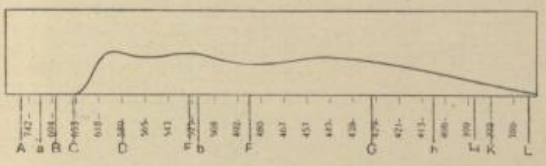


Fig. 156. Bromsilbergelatine mit Orthochrom.

Pinacyanol sensibilisiert weiter gegen Rot als Pinachrom und ist höchst wichtig für die Spektrographie (Spektralanalyse) im roten bis gelbgrünen Bezirk; es sensibilisiert bis λ 6800 kräftig, bis 7000 mäßig und bis über 8000 sehr schwach. (Vgl. Tafel IX.) Auch Gemische von Pinacyanol mit etwas Orthochrom sind zu empfehlen[1]), um das dem Pinacyanol eigentümliche, etwas störende Empfindlichkeitsminimum im Blaugrün zu überbrücken. Reines Pinacyanol hat jedoch eine etwas höhere Rotempfindlichkeit und Orthochrom allein eine bessere Blaugrünempfind-

1) Eder und Valenta haben in ihrem „Atlas typischer Spektren" (Wien 1911) zahlreiche Spektrumphotographien, welche auf solchen Pynacyanol-Orthochromplatten hergestellt wurden. Die Arbeitsvorschrift zum Sensibilisieren von (zumeist von der Schleußnerschen Trockenplattenfabrik in Frankfurt a. M. bezogenen) Bromsilbergelatinetrockenplatten lautet: 0,75 g Orthochrom und 0,25 g Pinacyanol werden in 600 ccm Alkohol und 400 ccm Wasser gelöst. Von dieser Lösung werden zum Gebrauche 20 ccm mit 400 ccm Alkohol verdünnt und 600 ccm Wasser zugesetzt. Die lichtempfindlichen Platten werden in letzterer Lösung durch 5 Minuten im Finstern gebadet und im ventilierten Trockenschrank bei ca. 20 bis 22° C rasch getrocknet. Werden die Platten nicht rasch getrocknet, so resultiert meistens eine mehr oder weniger starke „Verschleierung der Platten". — Orthochrom allein sensibilisiert besser für Grün und Blaugrün.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

lichkeit als das Gemisch, dessen Gesamtwirkung sich allerdings auf eine viel größere Spektralzone erstreckt als jede der Komponenten allein.

Dicyanin ist ein guter spezifischer Rotsensibilisator; er wirkt bis ins Infrarot. Eder und Valenta haben in ihrem „Atlas typischer Spektren" (Wien 1911) Bogenspektren der Elemente auf solchen Platten bis λ 9000 photographiert und heliographisch abgebildet; im Grün zeigen Dicyaninplatten ein starkes Minimum. Allerdings gestatten die mit diesem Farbstoff sensibilisierten Platten keine so kurze Belichtung als Pinacyanol.

Die Kurven Fig. 152 zeigen die Sensibilisierungskurven dieser Farbstoffe bei kurzer Belichtung. Bei reichlicher Belichtung dehnt sich die Wirkungszone weiter aus.

Auch mit Cyanin (besonders mit dem leichter löslichen Äthylcyanin) kann man von Gelb bis tief ins Rot, sogar Infrarot, sensibilisieren.

Alizarinblau *G* sensibilisiert Bromsilbergelatine bis ins dunkle Rot, ja bis Infrarot (Scable, Waterhouse, Eders Jahrb. f. Phot. 1907, S. 403).

Gut für Rot bis Infrarot sensibilisieren gewisse Nigrosine (Eder), Wollschwarz 4 *B*, (Tafel VII, Nr. 6 zeigt eine Spektrumphotographie auf einer Wollschwarzplatte oder dergleichen. Schaltet man vor dem Spektralapparat eine rote Glasscheibe [Kupferrubin] ein, so gelingt sogar bei mäßig rotempfindlichen Platten die Photographie des roten Spektralbezirkes, wie Tafel III, Nr. 4 zeigt. Vgl. auch Fig. 18, S. 30), Platinschwarz, besonders Columbiagrün (Valenta[1]).

Durch Vorbelichten hochempfindlicher Bromsilbergelatineplatten (eventuell Baden derselben in Ammoniak) reicht die Empfindlichkeit bis über *A* ins Infrarot gegen die Fraunhofersche Linie *Z* ($\lambda = 820\,\mu\mu$) (Lehmann[2]). Beim Entwickeln entstehen dann Solarisationsbilder. Viel bessere Rot- und Infrarotempfindlichkeit gibt aber die Sensibilisierung mit Farbstoffen.

G. Meyer photographierte das infrarote Spektrum mit besonders durch Baden in der Farblösung präparierte Cyanin-Bromsilbergelatineplatten (Physik. Zeitschr. 1900, Bd. 2, S. 6). Hans Lehmann benutzte für Rot bis Infrarot ein Gemisch von Alizarinblaubisulfit und Nigrosin (Eders Jahrb. f. Phot. 1901, S. 618).

Alizarinblau *G* sensibilisiert weiter ins Rot als Pinacyanol, ersteres bis λ 8750, letzteres nur bis λ 7500.

---

1) Eder und Valenta, Beiträge zur Photochemie und Spektralanalyse, 1904, III. 166 (mit Heliogravüren).

2) Archiv f. wissensch. Phot. 1900, Bd. 2, S. 216.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Die Alizarinblau-Sensibilisierung wird hergestellt:

100 ccm Alkohol,
2 ccm Ammoniak,
0,1 g Alizarinblau *G*.

Dann 100 ccm Wasser filtrieren und sofort nach Ansetzen zum Bade der Platten verwenden. Die Platten werden zuerst in ein Bad von 1% wässeriger Ammoniaklösung gegeben (2 Minuten lang), dann 2 Minuten in obigem Farbbad gebadet und ebensolange in fließendem Wasser gewaschen. Sie sind wenig haltbar und werden am besten naß verwendet. Blythswood und Scoble stellten Photographien von Bogenspektren bis λ 8500 damit her (Astrophysical Journ., Bd. 24, 1906, S. 125).

G. Millochau, Über die Photographie des infraroten Spektrums. Auch dieser Forscher geht von der bisher bekannten Tatsache aus, daß die infra-

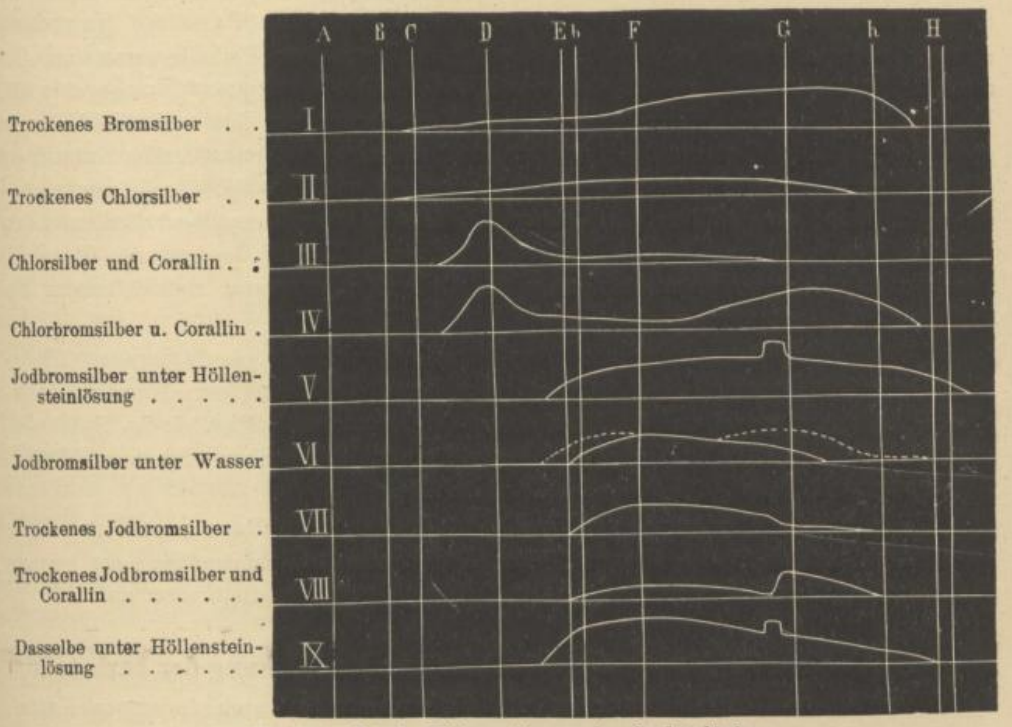


Fig. 157. Vogels Wirkungskurven der Spektralfarben.

roten Strahlen die photographische Wirkung auf einer vorher belichteten Platte aufheben. Zur Absorption der übrigen Strahlen dient eine alkoholische Lösung von Chrysoidin, Malachitgrün und Anilinviolett. Es empfiehlt sich, die lichtempfindliche Schicht möglichst dünn zu machen, dann erhält man mit verschiedenen Platten übereinstimmende Abbildungen des infraroten Spektrums. Millochau wäscht rapide Bromsilbergelatine-Trockenplatten für 10 Minuten in destilliertem Wasser, dem einige Tropfen Essigsäure zugesetzt wurden, taucht dann ebenso lange in eine gesättigte alkoholische Lösung von Malachitgrün, spült mit Wasser rasch ab und trocknet. Dann bekommt die Platte eine Vorbelichtung von 30 Sekunden bei einer schwach vierkerzigen elektrischen Glühlampe im Abstande von 75 cm. Solche Platten geben das infrarote Sonnenspektrum von λ 750 bis 950 und die infrarote *Z*-Bande ist gut wirksam (Compt. rend., Bd. 142, S. 1407; Brit. Journ. Phot. 1907, S. 364; Eders Jahrb. f. Phot. 1907, S. 394).

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Der Vollständigkeit und des historischen Interesses halber, geben wir das Kurvenbild Fig. 157, das einen anschaulichen Vergleich zwischen den Wirkungen des Lichtes darstellt, wie solche von Prof. H. W. Vogel bei verschiedenen Plattenpräparationen vor ungefähr 40 Jahren mittels des kleinen Spektrographen (s. S. 27) beobachtet wurden; wie bereits oben erwähnt wurde (s. Seite 43), ist das Violett und Ultraviolett hierbei sehr geschwächt, wie auch aus dem Vergleiche dieser Kurven mit den oben von Eder angegebenen hervorgeht.

l) Farbensensibilisierung des Bromsilbers durch farblose Substanzen.

Viele farblose Körper befördern die Farbenempfindlichkeit von Bromsilberkollodium; so vermehrt Tannin die Empfindlichkeit der Jodbromsilber-Trockenplatten für Violett, keineswegs aber für Blau und Grün, Morphin aber nicht nur die Intensität der Wirkung im Blau und Violett, sondern auch im Grün (Vogel[1]). Harzzusatz steigert nach Abney die Empfindlichkeit von Bromsilber-Kollodiumemulsion für rotes Licht bedeutend, was H. C. Vogel und Lohse bestätigten[2]), wogegen nach H. W. Vogel die durch Harzzusatz bedingte Vermehrung der Rotempfindlichkeit nur gering ist[3]). Nach Carey Lea[4]) machte nicht nur unverändertes Corallin Bromsilber grünempfindlich, sondern auch der durch Essigsäure entfärbte (d. i. gelb gewordene) Farbstoff; außerdem erhöhen die Grünempfindlichkeit von Bromsilberkollodium noch arsenigsaures Kali, arsenigsaures Silberoxyd, Salizin, Codein, essigsaures Morphin, Capsicumtinktur, valeriansaures Ammoniak, Coffein (?), wogegen viele Alkaloide die Grünempfindlichkeit verminderten[5]).

Badet man eine gewöhnliche Bromsilbergelatineplatte in ganz schwacher Silbernitratlösung und trocknet sie, so steigt ihre Empfindlichkeit (beim Hervorrufungsprozeß) nicht nur gegen weißes Licht, sowie die Gesamtempfindlichkeit im Spektrum, sondern auch die relative Empfindlichkeit gegen die weniger brechbaren Strahlen. (Eder, Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wissensch. Wien 1884.)

Jedoch ist die Steigerung der Empfindlichkeit des Bromsilbers gegen die weniger brechbaren Strahlen durch diese farblosen Körper eine verhältnismäßig sehr geringe und niemals treten deutliche Maxima der Wirkung im Grün, Gelb usw. auf.

m) Versuch einer Erklärung der sensibilisierenden Wirkung der Farbstoffe.[6])

Die innere Molekularbewegung wird beherrscht: 1. durch diejenigen Kräfte, welche von Molekül zu Molekül wirken, d. h. physikalische Molekularkräfte; 2. diejenigen, welche von Atom zu Atom wirken, d. h. chemische Kräfte, welche die chemische Konstitution, beziehungsweise die chemische Zersetzung der Moleküle bewirken.

Wenn eine eintreffende Lichtwelle mit der inneren Eigenschwingung des Moleküls im Einklange schwingt, so wirkt die Lichtwelle auf das Molekül ein und vermehrt die Amplitude des schwingenden Moleküls.

---

1) Phot. Korresp. Bd. 11, S. 202.
2) Ibid.
3) Phot. Mitt. Bd. 14, S. 18.
4) Jahresber. Chem. 1875, S. 147; 1876, S. 158. Fortschr. Phys. 1874, S. 597.
5) Phot. Korresp. 1874, S. 100.
6) Nach einem Vortrage von Eder gelegentlich der Daguerre-Feier der Wiener Photographischen Gesellschaft am 15. Oktober 1889.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Der vom Lichte getroffene Körper nimmt nur diejenigen Schwingungen aus den Ätherwellen seiner Umgebung auf, mit welchen seine Moleküle selbst schwingen oder zu schwingen imstande sind; es liegt also eine Art Resonanzerscheinung vor.

Nennen wir die spektroskopisch festgestellte Wellenlänge desjenigen Lichtstrahles, welche von einer Substanz am stärksten absorbiert wird, $= \lambda$, die Geschwindigkeit des Lichtes $(v) = 299000$ km, und n die zu suchende Anzahl der Schwingungen der absorbierenden Moleküle, so ergibt sich die Gleichung $n = \frac{v}{\lambda}$.

Bromsilber, in Form von Gelatineemulsion, zeigt das Maximum der Absorption für Licht von einer Wellenlänge = 450 Millionstel-Millimeter; daraus berechnet sich nach obiger Formel, daß das Molekül des Bromsilbers zur Ausführung einer Hauptschwingung 664 Billiontel-Sekunde bedarf. Tatsächlich wirkt Licht von annähernd derselben Schwingungszahl am kräftigsten auf Bromsilber ein, mit anderen Worten, vermehrt es die Amplitude der inneren Molekularschwingungen des Bromsilbers in so kräftiger Weise, daß ein Zerfall des Moleküls eintritt oder beginnt, welchen die photographischen Entwickler fortsetzen, so daß eine kräftige Reduktion entsteht.

Daneben sind auch zahlreiche Nebenschwingungen vorhanden, welche im Innern der Bromsilbermoleküle bewirken, daß das Bromsilber auch andere Lichtwellen von längerer oder kürzerer Schwingungszahl aufnimmt. Da jedoch diese Nebenschwingungen weniger kräftig sind und deshalb mit den Lichtwellen weniger in Wechselwirkung treten können, so muß intensiveres Licht vorhanden sein, damit sich die Schwingung und Amplitude der inneren Molekularschwingungen bis zum Zerreißen des Moleküls steigert, mit anderen Worten, das Bromsilber besitzt eine geringe Lichtempfindlichkeit für solche Strahlen, z. B. für Rot und Gelb.

Betrachten wir den Effekt eines Farbensensibilisators, z. B. Erythrosin, welcher eine innige Verbindung — sei es auf chemischem Wege oder durch Molekular-Attraktion — mit dem Bromsilber eingeht und nun seinerzeit Licht von 563 Milliontel-Millimeter Wellenlänge absorbiert und zur Ausführung einer Schwingung 531 Billiontel-Sekunde braucht.

Trifft nun ein einfallender gelbgrüner Lichtstrahl von der Wellenlänge 563 das mit Erythrosin gefärbte Bromsilber, so findet er Erythrosinmoleküle vor, welche am stärksten mit der Lichtwelle im Einklange schwingen und dieselben verbrauchen. Die Lichtwelle kann die Amplitude der Schwingungen des Exythrosinmoleküls bei fortgesetzter Einwirkung bis zum Zerfalle desselben steigern und kann z. B. das Erythrosin an und für sich bleichen. Andererseits kann aber auch das gleichzeitig vorhandene Bromsilbermolekül durch die gesteigerten Schwingungen des Farbstoffes mitgerissen werden und dadurch die bis dahin nebensächlichen Schwingungen des Bromsilbers zu einer Hauptschwingung steigern und den Zerfall des Bromsilbermoleküls bewirken.

Das Jodsilber ist sehr schlecht durch Farbstoff zu sensibilisieren, obwohl es sich gut anfärben läßt, wahrscheinlich weil es die Hauptschwingung entsprechend den blauen Strahlen des Spektrums besitzt und die Molekularbewegung nur in sehr geringem Maße oder gar nicht im Einklange mit den langwelligen Lichtstrahlen erfolgt, weshalb auch die Wirkung der beigemengten absorbierenden Farbstoffe zu schwach zu sein scheint, um die träge Bewegung der Jodsilbermoleküle bis zur Zerreißung des Atomenkomplexes zu steigern. Beim Bromsilber oder Chlorsilber, welches eine allgemeine Empfindlichkeit für verschiedene Lichtstrahlen besitzt, liegt das Verhältnis günstiger.

Vgl. über Farbensensibilisatoren auch I. Bd., 2. Teil, 3. Aufl., S. 44 und 269. Daselbst wurde bereits hingewiesen, daß sich beim Behandeln von Bromsilber und

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Chlorsilber mit Eosin sich möglicherweise Eosinsilber bildet, welches für sich allein eine hohe Gelbgrünempfindlichkeit besitzt. Kieser hat direkt die Bildung des Eosinsilbers aus Eosin und Chlorsilber nachgewiesen, und Winther nimmt an, daß diese Silberverbindung zuerst im farbigen Lichte verändert werde und zuerst ein latentes Eosinsilberbild entstehe, welches mittels Eosin-Merkurionitrat entwicklungsfähig sei (Zeitschr. f. wissensch. Phot. 1911, S. 226). Nun ist tatsächlich Eosinsilber für sich allein lichtempfindlich, wie R. Amory zuerst angab (Journ. Phot. Soc. of Great Brit., Juni 1878), und zeigt hohe Grünempfindlichkeit. Jedoch wies Eder nach, daß die Bildsubstanz des latenten Lichtbildes in der Sensibilisierungszone (z. B. bei Eosin im Gelbgrün) höchstwahrscheinlich dieselbe Zusammensetzung hat wie das normale latente Lichtbild auf gewöhnlichem Bromsilber im kurzwelligen Spektrum, was im I. Bd., 2. Abt., 3. Aufl., S. 269 und 296 näher ausgeführt ist.

Die Art des Anfärbens des Bromsilberkorns durch Farbstoffe ist nicht gleichgültig. Manche Farbstoffe färben das AgBr, AgCl und AgJ in wässeriger Lösung besser an als in alkoholischer (Hübl 1894, Kieser 1904). Chlorkalium und Bromkalium beeinträchtigen das Anfärbevermögen der Eosinfarbstoffe (Hübl 1894, Lüppo-Cramer 1901 und 1902, Kieser 1904), nicht aber gewisser basischer Farbstoffe (Kieser 1904). Manche Farbstoffe färben nach Kieser unter Bildung von Farbstoffsilber, z. B. Eosin, andere aber nur durch Oberflächenanziehung. (Näheres, sowie die Literatur hierüber s. Eders Jahrb. f. Phot. 1005, S. 334.)

Manche Farbensensibilisatoren sind an und für sich ziemlich lichtempfindlich, z. B. Eosin, Cyan (s. Fig. 160), jedoch hängt die sensibilisierende Wirkung nicht mit der Lichtempfindlichkeit zusammen.

Über Starks Sensibilisierungstheorie und Konens Kritik s. Eders Jahrb. für Phot. 1909, S. 259. — Andere Anschauungen über Farbensensibilisatoren s. Trautz, Eders Jahrb. f. Phot. 1908, S. 384. — Über die Farbensensibilisierung von wässeriger Quecksilberchloridlösung durch Farbstoffe s. Winther, Zeitschr. f. wissensch. Phot. 1911, S. 205.

n) Bromsilbergelatine mit Zusatz von kolloidalem Silber.

Vermischt man Bromsilber bei der Fällung mit etwas kolloidalem Silber, so färbt dieses das Bromsilberkorn an, es wird adsorbiert und innig gebunden. Dabei ändern sich die photochemischen Eigenschaften. Lüppo-Cramer, welcher diese Präparate eingehendst untersuchte, hälte sie für identisch mit der durch Belichtung etwas dunkel gefärbten Bromsilberschicht und nennt beide Photobromidemulsion.

Auf die neueren Arbeiten von Schaum, Trivelli, Lüppo-Cramer und anderen über die Theorie der Silbersubhaloide (Photobromid, -jodid und -chlorid), welche mehr theoretischer Natur sind und derzeit noch nicht ganz geklärt erscheinen, soll hier nicht näher eingegangen werden. Wir verweisen auf die Referate in Eders Jahrb. f. Phot. 1909, 1910 u. ff.

Solche Photo-Bromsilberemulsionen brauchen nicht mehr als 0,002 % kolloidales Silber zu enthalten. Die günstigste Wirkung liegt

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

bei 0,1 %, und die Schichten sind dann rosa gefärbt. Lüppo-Cramer gibt genaue Vorschriften zur Herstellung[1]).

Bromsilbergelatine mit Zusatz von kolloidalem Silber wird ohne jede Lichtwirkung im Entwickler geschwächt. Beim Belichten wird die Entwicklungsfähigkeit derartiger Schichten vermindert, so daß beim Hervorrufen ein umgekehrtes scheinbar solarisiertes Bild (Herstellung eines Positivs in der Kamera) entsteht (Lüppo-Cramer[2]). Solche hellrote „Photobromidplatten" bleichen im Tageslicht in wenigen Minuten aus; bei noch längerer Belichtung färben sie sich aber stark dunkel (zweite Umkehrung der Solarisation). Wird aber die reine Photobromidemulsion mit Silbernitrat getränkt, so bleicht sie überhaupt nicht aus, sondern färbt sich sofort beim Belichten dunkler (Lüppo-Cramer[3]).

Die Photobromidemulsionen (mit kolloidalem Silber) geben beim Belichten und Entwickeln ziemlich unvermittelt Solarisationsbilder, während normale Bromsilbergelatineplatten bei fortschreitender Belichtung sehr allmählich das Stadium des normalen Negativs bis zum Solarisationsbild durchlaufen.

Die solarisierende Wirkung des Lichtes auf Photobromidgelatineschichten (Bromsilber mit kolloidalem Silber) wird durch Kaliumnitrit aufgehoben (Lüppo-Cramer[4]).

Jodsilber, welches im gewöhnlichen Licht (oder durch blauviolettes Licht) vorbelichtet ist, erfährt eine Erregung seiner Empfindlichkeit (s. S. 279). Bei Bromsilber wird die Farbenempfindlichkeit durch Vorbelichten nicht merklich geweckt, wohl aber durch Röntgen- und Becquerelstrahlen[5]).

o) Einfluß von Röntgenstrahlen auf die Farbenempfindlichkeit einer Bromsilbergelatineplatte.

Setzt man eine Bromsilbergelatineplatte den Röntgenstrahlen aus, so wird sie „panchromatisch", d. h. sie wird empfindlich für das ganze Spektrum bis Infrarot. Allerdings wirkt das Sonnenspektrum auf solche Platten solarisierend, d. h. es erscheint beim Entwickeln das Spektrumband hell auf dunklem Grund (Villard[6]). Lüppo-Cramer bestätigt

---

1) Lüppo-Cramer, Phot. Korresp. 1909, S. 527.
2) Phot. Korresp. 1909, S. 398.
3) Phot. Korresp. 1909, S. 399.
4) Phot. Korresp. 1909, S. 529.
5) Lüppo-Cramer, Phot. Korresp. 1909, S. 345.
6) Villard, Les Rayons X et la Photographie, Paris 1899. — Ferner Lüppo-Cramer, Phot. Korresp. 1909, S. 339.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

diese Angabe und beobachtet noch das Auftreten einer zweiten Umkehrung der Solarisation, welche besonders im Rot und Blau auftritt[1]).

Die optische Sensibilisierung der Bromsilbergelatine durch Röntgenstrahlen erläutert folgender Versuch[2]). Eine Trockenplatte wird 1 Minute lang den Röntgenstrahlen, dann 1 bis 40 Minuten lang in einem kleinen Spektrographen den direkten Sonnenstrahlen ausgesetzt. Das

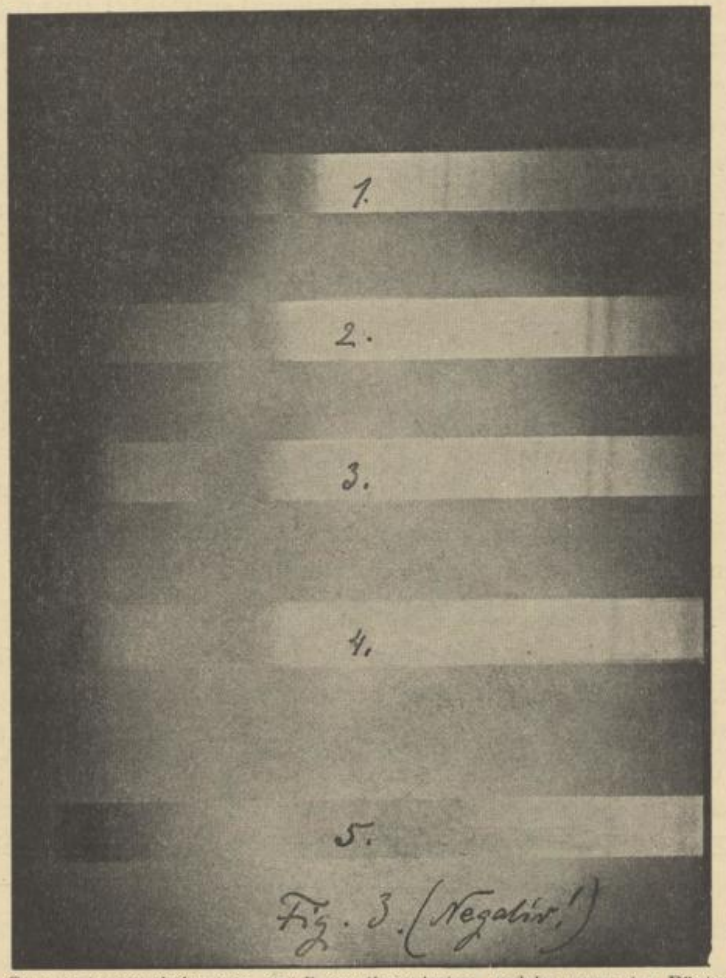


Fig. 158. Solarisationserscheinungen auf Bromsilbergelatine, welche zuvor den Röntgenstrahlen ausgesetzt war.

Band von *F* bis Ultraviolett ist dann schon unmittelbar zufolge Graufärbung der Schicht sichtbar. Beim Entwickeln zeigt die Platte Solarisationserscheinungen, welche weit ins Rot reichen (siehe Fig. 158, 1—4). Bei noch stärkerer Belichtung (Nr. 5) sieht man im Blau wie im Rot eine Wiederverdunkelung (zweite Umkehrung der Solarisation).

1) Villard, Les Rayons X et la Photographie, Paris 1899. — Ferner Lüppo-Cramer, Phot. Korresp. 1909, S. 339.

2) Lüppo-Cramer, Phot. Korresp. 1909, S. 343.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

p) Zerstäubende Wirkung des ultravioletten Lichtes auf Bromsilber.

Ultraviolettes Licht übt auf viele Substanzen (ähnlich den Röntgenstrahlen) eine zerstäubende Wirkung aus (Lenard und Wolf[1]); auch auf das Bromsilber der photographischen Platte wirkt es zerstäubend (Lüppo-Cramer[2]). Das zerstäubte BrAg-Korn ist von feinerem Korn, zeigt eine geringere Empfindlichkeit gegen Tageslicht (Zehnder) und verminderte Widerstandsfähigkeit des dazu gehörigen Photosalzes gegen Oxydationsmittel (Lüppo-Cramer a. a. O.).

Die Zerstäubung der Silberhaloide hatte Schultz-Sellack zuerst festgestellt. Lüppo-Cramer führt die Moserschen Hauchbilder auf mechanische Auflockerung der Oberfläche zurück[3]). — Einen weiteren Beitrag zur Zerstäubung und chemischen Zersetzung der Silberhaloide im Kardioid-Ultramikroskop lieferte Siedentopf[4]).

III. Jodsilber.

Das Jodsilber verhält sich gegen das Sonnenspektrum je nach den Versuchsbedingungen verschieden, ähnlich wie wir dies beim Bromsilber gesehen haben. Die Ursache, daß das Jodsilber sich ganz verschieden verhält, je nachdem es mit überschüssigem Jodkalium oder Silbernitrat gefällt war, selbst wenn man es noch so gut wäscht, liegt in der großen Adsorption dieser Substanzen durch Jodsilber (Lüppo-Cramer, Lottermoser und Rothe, Phot. Korresp. 1908, S. 275). Jodkaliumüberschuß hemmt die Lichtempfindlichkeit des Jodsilbers viel mehr als Bromkaliumüberschuß bei Bromsilber oder Chloridüberschuß beim Chlorsilber. — (Vgl. Bd. I, 2. Abteilung.)

a) Jodsilber bei direkter Schwärzung, ohne Hervorrufen.

Auf Jodsilberplatten (Daguerreotypie[5]). Das Maximum der Wirkung liegt im Violett und erstreckt sich nach der einen Seite bis ins Blau, nach der andern weit ins Ultraviolett. Im äußersten Rot zeigt sich fast keine Wirkung, im Orange, Gelb und Grün gar keine.

Direkte Schwärzung auf Papier, durch doppelte Zersetzung zwischen Jodkalium und Silbernitrat bereitet. Das Maximum der Intensität wechselt je nach der Konzentration des überschüssigen Silbernitrats (R. Hunt), findet sich aber entweder im äußersten Violett (R. Hunt) oder sogar darüber hinaus (Herschel). Die Wirkung

1) Lenard, „Über Kathodenstrahlen", Leipzig 1906.
2) Phot. Korresp. 1909, S. 19.
3) Phot. Korresp. 1910, S. 273.
4) Kolloid. Zeitschrift 1910, Bd. 6, S. 3; Phot. Korresp. 1910, S. 273.
5) Hunt, Researches on Light 1854, S. 81.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

erstreckt sich mitunter bis unter die grünen Strahlen[1]). In den andern farbigen Strahlen zeigt sich keine Wirkung, ausgenommen im äußersten Rot, wo sie indessen kaum sichtbar ist (Herschel).

Kurve 2 in Fig. 150 zeigt die Wirkung des Sonnenspektrums auf solches Papier nach langer Belichtung im Glasspektrographen (Eder).

Wenn das überschüssige Silbernitrat durch wiederholte Waschungen entfernt wurde, verliert das Jodsilber die Eigenschaft, sich im Lichte zu schwärzen, obwohl im Blau und Violett noch eine leichte Farbenänderung stattfindet.

b) Jodsilber auf Daguerreotypplatten mit Quecksilberdampf-Hervorrufung.

Mit Quecksilber auf Daguerreotypplatten[2]). Im äußersten Rot sehr geringe Wirkung, die sich durch rosige Färbung bekundet; im Orange eine kaum sichtbare Linie; im Gelb keine Wirkung, im Grünen eine kaum wahrnehmbare, dagegen im Blau, Indigo, Violett und dem äußersten Spektrum höchst energische Einwirkung (Draper 1842; Hunt, Herschel 1843); das Maximum der Wirkung liegt zwischen G und H im Violett (Becquerel[3]).

Es muß hier noch erwähnt werden, daß Draper schon 1842 das infrarote Spektrum mit solchen Platten photographierte und im Philos. Magaz. publizierte (die drei Banden α, β, γ). Weiter hatte 1843 er es nicht treiben können, da die Glasmasse des Prismas zu stark absorbierend auf die weniger brechbaren Strahlen wirkte.

c) Jodsilberkollodium mit physikalischer Entwicklung.

Mit physikalischer Entwicklung im nassen Kollodiumverfahren im Verfahren mit Silbernitratbad. Im Rot keine oder fast gar keine Wirkung; ebensowenig im Orange, Gelb und Grün auch bei längerer Belichtung, während das Blau und die darüber hinaus liegenden Strahlen sehr energisch wirken. Wenn die Belichtung länger fortgesetzt wird, als für die blauen und violetten Strahlen ausreicht, solarisieren sich diese, obwohl Gelb und Orange noch keine Wirkung zeigen, wohl aber rückt eine schwache Wirkung gegen Grün vor.

Crookes[4]) fand das Maximum der Wirkung im Indigo und im Anfange des Violett.

J. Müller[5]) beobachtete 1856 auf Jodsilberkollodium eine Wirkung von Q im Ultraviolett bis etwas über G; ähnliches fand Eisenlohr 1856 bei seinen Experi-

1) Philosophical Magazine 1840; Hunt, Researches on Light 1855, S. 115.
2) Hunt, Researches on Light 1855, S. 117.
3) Becquerel, La lumière 1868, Bd. 2.
4) Poggend. Ann. Bd. 97, S. 616 (1856). Journ. London. Phot. Soc. 1853, I, S. 98.
5) Poggend. Ann. Bd. 97, S. 135.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

menten mit dem Beugungsspektrum[1]). Nach Becquerel[2]) beginnt auf nassen Jodsilber-Kollodiumplatten mit Eisenvitriol- oder Pyrogallus-Entwicklung die Wirkung des Spektrums bei G, beiläufig bei $^1/_3$ von der Distanz bis H und dehnt sich bis P im Ultraviolett und bis über G nahe zu E im Grün aus; ähnliches fand Schultz-Sellack[3]). Vogel[4]) fand auf trockenem Jodsilberkollodium den Beginn der Wirkung bei H'', das Maximum bei G bis auf etwa $^2/_3$ der Entfernung FG und bis ins Gelb oder Rot eine schwache Wirkung; Jodsilber unter einer Silbernitrat-Schicht (nasses Kollodiumverfahren) zeigte eine weiter gehende Empfindlichkeit für Ultraviolett und das kräftige Maximum nahe bei G (etwas gegen F); Jodsilber unter Wasser steht in der Mitte zwischen beiden; in allen drei Fällen wurde sauer mit Eisenvitriol und Silbernitrat entwickelt. Nach Monckhoven[5]) liegt das Maximum der Wirkung genau zwischen der dritten Wasserstofflinie ($H\gamma$) und G; bei verlängerter Einwirkung des Spektrums reicht der Effekt von U bis D. Bei sehr langer Exposition solarisiert das Jodsilber im Violett und das Maximum der Wirkung rückt bis E im Grün vor.

Für die angewandte Photographie kommt das Verhalten des Jodsilberkollodiums im „nassen Verfahren" mit Silberbad und saurer Eisenvitriol-Entwicklung sehr in Betracht; im Dreifarbendruck benutzt man solche Platten ohne Lichtfilter zur Erzeugung jener Teilnegative, welche den blauvioletten Strahlen entsprechen und die Druckplatte für Chromgelb liefern. Die dominierende Wirkung des Sonnenspektrums auf Jodsilberkollodium beginnt kräftig bei ca. $\lambda = 437$ einzusetzen, sowohl beim Gitter-, als Glasspektrographen und geht mit fast gleicher Kraft ins Ultraviolett hinein. Die Mitte der Maximalwirkung liegt bei $\lambda = 425$ bis 420 (Glasspektrograph oder Gitterspektrograph mit farblosen Spiegelglas-Lichtfiltern). Dieses Spektralgebiet (von λ 437 bis zum Beginn des Ultravioletts) kommt also bei dem oben genannten photographischen Prozesse mit Glaslinsen und -filtern besonders zur Geltung (Eder[6]).

Kurve 3 in Fig. 150 zeigt die Wirkung des Sonnenspektrums auf Jodsilberkollodium (nasses Verfahren mit überschüssigem Silbernitratbad) und Eisenvitriolhervorrufung.

Die nasse Jodsilber-Kollodiumplatte („nasses Kollodiumverfahren" mit saurer Eisenvitriol-Entwicklung) gibt bei normaler Belichtung das Violett und Blau bis $\lambda = 437$ und rückt selbst an der Grenze der Überexposition innerhalb der durch die photographische Praxis gegebenen Grenzen nicht viel weiter gegen Hellblau oder Blaugrün vor. Da die photographische Praxis mit Dreifarbendruck ergibt, daß man mit solchen Platten gut brauchbare Gelbdrucknegative herstellen kann, so haben wir in der Spektralzone $\lambda = 437$ bis Ende des Violetts eine Normalzone gefunden, welche die Grenze des zulässigen Abschneidens des Farbbandes gegen das stärker brechbare Ende ergibt. Weiteres Vorrücken der Grenze gegen das äußere Violett bringt einen un-

1) Poggend. Ann. Bd. 99, S. 159.
2) La lumière 1868, Bd. 2, S. 86.
3) Berichte deutsch. chem. Ges. Bd. 4, S. 210.
4) Pogg. Ann. Bd. 153, S. 223.
5) Traité général de Photogr. 1880, S. 21.
6) Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wiss. Wien 1901, Abt. IIa, Bd. 110, S. 1115.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

günstigen Erfolg im Dreifarbendruck mit sich. (Eder, Spektralanalytische Studien über photographischen Dreifarbendruck. Denkschrift d. k. Akad. d. Wiss., Wien 1902.)

Wird von einer Jodsilberkollodiumplatte das überschüssige Silbernitrat abgewaschen, dann in sehr verdünnter Jodkaliumlösung gebadet und wieder gewaschen, so sinkt die Lichtempfindlichkeit ganz enorm. Tannin usw. erhöhen die Empfindlichkeit solcher Platten; sie zeigen beim Entwickeln eine ähnliche, wenn auch nicht ganz identische Spektralempfindlichkeit wie das Jodsilber mit Silbernitratüberschuß. (Vgl. Lehmanns Untersuchungen weiter unten.)

d) Jodsilbergelatineemulsion mit Entwicklung.

Jodsilber (ohne Silbernitratüberschuß) in Gelatine emulsifiziert gibt eine Emulsion, auf welcher das latente Lichtbild nur mit sehr kräftigem Entwickler hervorgerufen werden kann[1]). Man erhält im

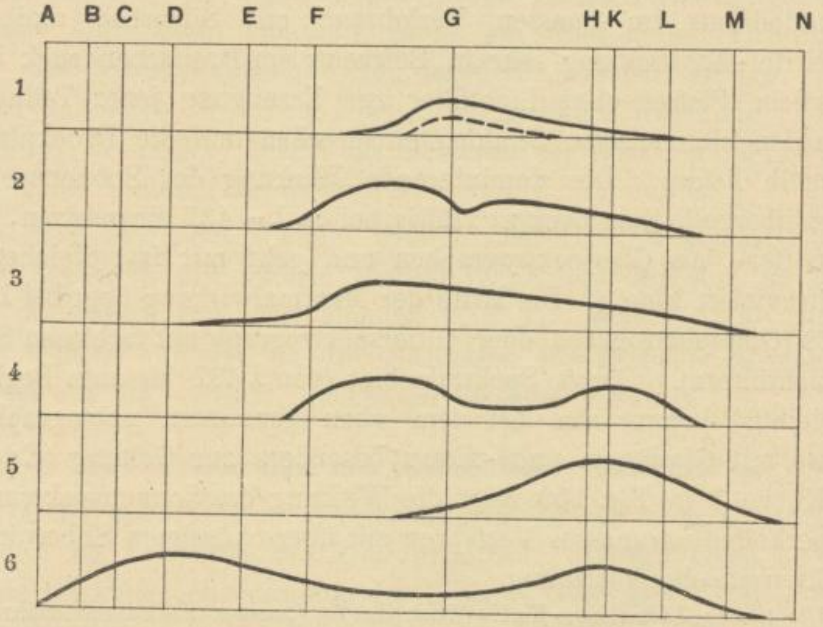


Fig. 159. Wirkung des Sonnenspektrums auf photographische Platten.

1. Jodsilbergelatine mit chemischer oder physikalischer Entwicklung. — 2. Jodbromsilbergelatine, einzeln hergestellt, dann gemischt. — 3. Dasselbe gemischt digeriert. — 4. Chlorsilbergelatine (ohne Silbernitratüberschuß), sowohl bei direkter Schwärzung, als chemisch oder physikalisch entwickelt (kurze Belichtungen). — 6. Chlorsilbergelatine (ohne Silbernitratüberschuß; gewaschen) mit kolloidem Silber gefärbt. Sowohl direkte Schwärzung (Färbung) als auch chemisch oder physikalisch entwickelt.

---

1) Die Jodsilbergelatineemulsion im allgemeinen wurde insbesondere von Lüppo-Cramer studiert (Eders Jahrb. f. Phot. 1903, S. 40; 1909, S. 385; 1910, S. 18). — Starke Entwickler für Jodsilber sind z. B. 2 Teile Amidol, 20 Teile wasserfreies Natriumsulfit, 100 Teile Wasser und gleiches Volumen 10proz. Pottaschelösung. Besser ist eine Lösung von Natriumhydrosulfit mit Zusatz von Natriumsulfit; man stellt sie her durch Auflösen von 100 g Kaliummetabisulfit in 500 ccm Wasser und Schütteln mit 50 g Zinkstaub während einer halben Stunde. Das Filtrat wird mit gleichen Teilen Wasser verdünnt. Zur Fixierung dienen 10 Teile Cyankalium, 20 Teile wasserfreies Natriumsulfit und 200 Teile Wasser.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Sonnenspektrum einen ähnlichen Verlauf der Wirkung wie bei Jodsilberkollodium, jedoch rückt sie etwas mehr gegen Grün vor. Die Wirkung hebt im Blaugrün vor der Linie G kräftig an, zeigt ein Maximum etwa bei $F^2/_3\,G$ und erstreckt sich ins Ultraviolett. Hierbei ist die Spektrumphotographie ziemlich unabhängig von der Art der Entwicklung, d. h. sie ist so ziemlich dieselbe, gleichgültig ob man chemisch (siehe Fußnote 1 auf S. 278) oder physikalisch (z. B. mit Metol, Zitronensäure und Silbernitrat) entwickelt (Eder). Die Wirkung des Spektrums auf Jodsilbergelatine im Glasprismenspektrograph zeigt Kurve 1 Fig. 159. Die spektrographische Eigenart des Jodsilbers bleibt auch in gewissen Gemischen mit Chlor- und Bromsilber gewahrt (s. u.).

Während Jodsilbergelatine gegen gewöhnliches Tageslicht wenig empfindlich ist, fand V. Schumann, daß hierauf brechbarstes Ultraviolett λ 1852 A. E. kräftig einwirkt (Eders Jahrb. f. Phot. 1897, S. 357).

Jodsilber, welches im gewöhnlichen Lichte oder durch blauviolettes Licht vorbelichtet wurde, erfährt hierdurch eine Erregung seiner Empfindlichkeit für gelbe und rote Strahlen.

Erich Lehmann untersuchte die Spektralempfindlichkeit des Jodsilbers ohne Bindemittel in Form von Daguerreotypplatten, ferner der nassen Kollodiumplatten (mit und ohne Silbernitratüberschuß mit physikalischer Entwicklung) von Jodsilbergelatine und Gummiemulsion mit chemischer Entwicklung. Es ergaben sich folgende tabellarisch zusammengestellte Resultate.

Bindemittel	Empfindlichkeitsmaximum $\mu\mu$	Absorptionsmaximum $\mu\mu$	Verschiebung $\mu\mu$
1. Reines Jodsilber (Daguerreotypplatten)	423,28	423,21	0,07
2. Jodsilberkollodium mit Silbernitratüberschuß (nasse Platte)	429,39	429,43	0,04
3. Jodsilberkollodium mit Jodkaliumüberschuß (nasse Platte)	422	426,64 420,40	etwa 3 (v. d. Mitte)
4. Jodsilber-Gelatineemulsion	434,81	422,20 417,04	15.9 (v. d. Mitte)
5. Jodsilber-Gummiemulsion mit Gelatine	432,78	428,22 421.28	8 (im Mittel

Bei bindemittelfreiem Jodsilber (Daguerreotypplatte) und nassem Jodsilberkollodium fällt das Maximum der Absorption und der Empfindlichkeit zusammen. Dieses Resultat steht im Einklang mit der üblichen Anschauung (Vogel, Eder, v. Hübl) und widerspricht der entgegenstehenden Ansicht von Schultz-Sellack, Wiedemann und Acworth. Bei Jodsilbergelatine und Gummi scheinen typisch andere Verhältnisse vorzuliegen; es verschiebt sich das Empfindlichkeitsmaximum gegen das Absorptionsmaximum um etwa 16 $\mu\mu$, was Lehmann durch Annahme einer lichtempfindlichen organischen Silberverbindung zu erklären versucht. Jodsilberkollodium

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

mit Silbernitratüberschuß besitzt ein Empfindlichkeitsmaximum, das etwa um 7 $\mu\mu$ weiter nach Rot zu liegt als bei Jodkaliumüberschuß (Gegensatz zu H. W. Vogels Angaben); die Verschiebung des Maximums durch Einfluß von Silbernitrat bei Jodsilberkollodium verläuft somit nach Lehmann in derselben Richtung, wie Eder sie an Bromsilbergelatine beobachtet hatte (Zeitschr. f. phys. Chemie 1908, Bd. 64, S. 89).

e) Zerstäubungsbilder auf Jodsilber.

Auf reinem, bindemittelfreiem Jodsilber lassen sich durch Räuchern von versilberten Gläsern mit Jod und Belichten herstellen. Durch Überreiben mit einem Wattebausch geht an den belichteten Stellen sämtliches Jodsilber als feiner Staub los (Schultz-Sellack, Lüppo-Cramer[1]). Nach Beobachtungen von Donné (1839) läßt sich das belichtete Jodsilber einer Daguerreotypplatte pulverig abreiben.

Mitunter wirken die roten und gelben Strahlen antagonistisch den blauvioletten (s. Herschel-Effekt).

f) Über Solarisationserscheinungen auf Jodsilber.

Wird feinkörniges Jodsilber in Form von Gelatineemulsion (ohne überschüssiges Silbernitrat) im Sonnenspektrum lange belichtet, so erscheint zuerst das Maximum der Wirkung im Blau (s. o.), wo bei starker Überbelichtung auch zuerst Solarisation eintritt, während die Wirkung von Grün nach Rot vorschreitet.

Ähnlich verhält sich Jodsilberkollodium im nassen Kollodiumverfahren.

Über die Wirkung des Lichtes auf vorbelichtetes Jodsilber, welches hierdurch sog. Photojodid gebildet hat s. u..

Nach Lüppo-Cramer erhält man eine Emulsion, welche sich ebenso wie das durch Belichten erzeugte Photojodid verhält, durch Zusatz von kolloidalem Silber zu Jodsilber, wobei kleine Mengen von Silber absorbiert werden und sog. „Silberphotojodid“ entsteht.

g) Silberphotojodid.

Beim Belichten und Entwickeln von Photojodid entsteht ein normales Lichtbild, welches aber weiter ins Gelb und Rot empfindlich ist, als normales Jodsilber.

Stellt man „Photojodid-Emulsion“ durch gemeinsames Ausflocken von Jodsilber und kolloidalem Silber her und verteilt es in Gelatine, so ist die nasse Schicht rot, bleicht aber in wenig Minuten am Tageslichte aus. Das Bindemittel spielt hierbei keine Rolle; auch sind Oxydationsmittel oder Haloidsalze hierfür nicht notwendig. Das

1) Phot. Korresp. 1910, S. 237 und 374.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Ausbleichen wird aber verhindert durch Silbernitrat, Ferrocyankalium und andere Halogenabsorptionsmittel (Lüppo-Cramer[1]).

h) Bei vorhergehender Belichtung und nachfolgendem Auftragen einer alkalischen Jodidverbindung.

Herschel, Talbot, R. Hunt, Fyfe, Lassaigne und Poitevin haben gefunden, daß ein mehr oder weniger belichtetes Jodsilberpapier, welches dann mit Jodkalium überzogen wurde, sich im Lichte umgekehrt verhält, d. h. weiß wird und also positive Bilder gibt, und zwar sowohl bei einer langdauernden Belichtung, als bei einer sehr kurzen mit nachfolgendem Hervorrufen.

Im Sonnenspektrum zeigt sich ebenfalls eine höchst eigentümliche, aber sehr verwickelte Wirkung, indem das Licht auf das Jodkalium wirkt, Jod frei macht und das Silberphotojodid dadurch bleicht.

Wenn man vom mittleren Gelb ausgeht, so zeigen sich zwei entgegengesetzte Wirkungen. Zuerst wird das Papier weiß vom äußersten Violett an, aber nicht gleichmäßig auf diesem ganzen Raume; zweitens wird es schwarz vom Rot bis zum Gelb, aber ebenfalls nicht gleichmäßig. Übrigens ist diese Wirkung, je nach der Bereitung des Papiers, eine verschiedene. [Herschel)[2], Hunt)[3], Becquerel)[4]].

IV. Jodbromsilber.

Gemenge von Jod-, Brom- und Chlorsilber vereinigen im allgemeinen die photographischen Wirkungen der einzelnen Verbindungen, so daß derartige Gemenge häufig eine größere Empfindlichkeit gegen die Spektralfarben aufweisen. Deshalb werden solche Gemenge mit Vorliebe in der Photographie verwendet.

Crookes beobachtete schon vor mehr als 50 Jahren zwei deutlich getrennte Wirkungen aus Jodbromkollodium (im nassen Kollodiumverfahren mit Eisenvitriolentwicklung), die jeder Substanz, dem Jod- oder Bromsilber, für sich zukommen, und nicht als eine einzige Wirkung aufzufassen sind, wie wenn die Mischung beider Körper eine chemische Verbindung wäre. Abney bestätigte dies.

Im nassen Kollodiumverfahren ist, wie Müller und Schultz-Sellack feststellten, Jodbromsilber weiter gegen Grün empfindlich, als Jodsilber allein, nämlich bis zu *E*; die Farbenempfindlichkeit ist bei

1) Phot. Korresp. 1909, S. 425.

2) Philos. Transactions 1840—1842. (On the Action of the Rays of the Solar-spectrum.) London, Ed. and Dublin. Philos. J. 1843.

3) Researches on Light 1854, S. 95.

4) Becquerel, La lumière 1868.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

dem Gemenge von Jodsilber und Bromsilber größer, als bei jedem der einzelnen Salze. Nach H. W. Vogel ist Jodbromsilber auf Kollodium unter Silbernitrat (nach dem gewöhnlichen nassen Kollodiumverfahren) bis zur Linie *D* empfindlich, mit dem Maximum der Empfindlichkeit jenseits der Linie *G*; unter denselben Umständen ist das an Jodsilber reichere Gemenge von Jod- und Bromsilber unter Silbernitratlösung mehr für Ultraviolett und Violett empfindlich; das an Bromsilber reichere mehr für Hellblau und Grün. Trockenes Jodbromsilber ist weniger ins Ultraviolett und weniger ins Gelb hinein empfindlich, als das unter Silberlösung und wird im ganzen vom Lichte weniger affiziert.

Aus Kurve 7 in Fig. 150 ergibt sich (nach Eder) die Wirkung des Sonnenspektrums auf Jodbromsilber im nassen Kollodiumverfahren, wobei auf je 1 Teil Jodsalz $^1/_2$ bis 1 Teil Bromsalz im Kollodium enthalten war und als Hervorrufer saure Eisenvitriollösung dient. Man erkennt in dem Gemische noch die Einzelwirkung des Jodsalzes (Kurve 2) und des Bromsalzes (Kurve 4, Fig. 150).

Mischt man Jod- und Bromsilber in Gelatineemulsion, so ergibt sich ein verschiedenes Verhalten im Sonnenspektrum (mit alkalischem Pyrogallol- oder Eisenoxalat-Entwickler usw.), je nachdem das Jodbromsilber frisch gemischt ist oder zusammen digeriert wurde, was zuerst V. Schumann entdeckte und Eder bestätigte[1]). Wird eine fertige Bromsilbergelatineemulsion mit 10 bis 50 % Jodsilberemulsion gemischt, dem Sonnenspektrum exponiert und dann entwickelt, so erscheinen zwei Maxima: Eines zwischen *G* und *H* und ein anderes zwischen *G* und *F* (s. Kurve 5, Fig. 153). Erwärmt man eine solche Emulsion, so vereinigen sich die beiden getrennten Maxima in ein einziges (Kurve 6, Fig. 153) und die Empfindlichkeit gegen Grün ist größer als bei reinem Bromsilber, und das Maximum der Wirkung etwas gegen *F* vorgeschoben (Eder).

Dieselbe Erscheinung zeigt sich, wenn Silbernitrat zu einem Gemenge von Jodkalium und Bromkalium mit Gelatine gegeben wird, so daß die Fällung und nachfolgende Digestion von Jod- und Bromsilber gleichzeitig erfolgte. Mischt man Chlorsilbergelatine mit Jodsilbergelatine, so ergeben sich im Sonnenspektrum zwei getrennte Maxima (beim Hervorrufen mit Oxalat-Citrat-Entwickler): eins bei *H* (dem Chlorsilber angehörig), das andere bei $G\,^1/_3\,F$ (dem Jodsilber angehörig), wie Kurve 7 (Fig. 153) zeigt; beim Digerieren in der Wärme gleichen sich die Maxima allmählich aus. Ähnlich verhält sich Brom-Chlorsilbergelatine (Eder).

---

1) Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wissensch. in Wien, II. Abt. 1884.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

V. Wirkung auf Chlorsilber.

a) Direkte Schwärzung des Chlorsilbers im Lichte.

Die Wirkung des Spektrums auf weißes Chlorsilber richtet sich nach der Natur des zur Bereitung verwendeten Chlorsalzes und nach der Konzentration des überschüssigen Silbernitrats (R. Hunt).

Bei reinem Chlorsilber liegt das Maximum der Wirkung im äußeren Violett gegen Ultraviolett und erstreckt sich weit über das Violett ins Ultraviolett hinaus, aber im Rot, Orange, Gelb und Grün zeigt sich fast gar keine Wirkung.

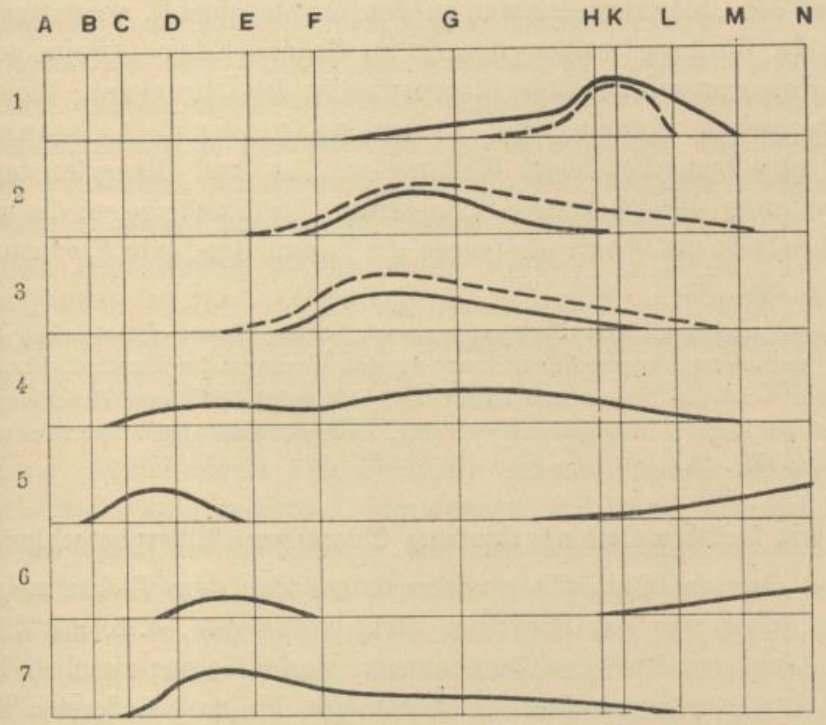


Fig. 160. Wirkung des Sonnenspektrums im Glasspektrographen.

1. Chlorcitrat = Auskopierpapier (Zelloidinpapier). Ausgezogene Kurve: bei kürzerer Belichtung, bei längerer rückt die Wirkung gegen *E* vor; die punktierte Kurve: Spektralwirkung auf reines Chlorsilber. — 2. Ferrioxalat bei verschiedener Belichtungszeit. — 3. Kaliumbichromat auf Papier verschieden lang belichtet (Chromatgelatine verhält sich ähnlich). — 4. Syrischer Asphalt in dünner Schicht. — 5. Ausbleichung des Cyanin auf Papier. — 6. Ausbleichen von Eosin auf Papier. — 7. Oxalsaures Manganoxyd auf Papier.

Bei Anwendung von Spektrographen, die nicht gut durchlässig für den Beginn des Ultraviolett sind oder gar den Beginn des Violett schwächen (z. B. 5fach verkittete Prismen à vision directe), geben den Beginn der Schwärzung des Chlorsilbers und das scheinbare Maximum der Wirkung des Sonnenspektrums im Violett. Dies ist jedoch ein irreführender Befund, weil die wirkliche Maximalempfindlichkeit an der Grenze des Violett-Ultraviolett liegt.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Benutzt man einen Glasspektrographen mit sehr durchlässigen Glassorten oder besser Quarz- oder Gitterspektrographen, so liegt das Maximum der Lichtwirkung des Sonnenspektrums gegen H und bei Anwendung von Quarzkörpern sogar im Ultraviolett jenseits K; die Wirkung erstreckt sich kräftig weit ins Ultraviolett. Die punktierte Kurve 5 in Fig. 150 zeigt die Wirkung des Sonnenspektrums auf Chlorsilberpapier mit überschüssigem Silbernitrat (Schwärzung ohne Anwendung eines Entwicklers); bei sehr langer Belichtung erstreckt sich die Wirkung (allerdings schwach) bis ins Gelb und Orange. Enthält das Chlorsilberpapier nebst überschüssigem Silbernitrat noch Silbercitrat (wie bei der Chlorcitratemulsion in dem Aristopapier[1]), so erstreckt sich die starke Wirkung weiter gegen E ins Grüne (Eder). Beim gewöhnlichen Kopierprozeß auf Chlorsilberpapier ist das Ultraviolett, Violett und Blau besonders wirksam; bei Albuminpapier und Aristopapier[2]) kommt eine bemerkenswerte Wirkung in Blau und Blaugrün dazu und das Maximum der Wirkung des Spektrums liegt mehr gegen die weniger brechbare Seite des Spektrums (gegen die Fraunhofer-Linie F, eventuell E), wie Fig. 160, Nr. 1 zeigt.

Gewöhnliches Chlorsilberpapier nach Art des Bunsen-Roscoëschen Normalpapiers[3]) mit überschüssigem Silbernitrat zeigt das Maximum der Empfindlichkeit an der Grenze des sichtbaren Violett und Ultraviolett; sie endet bei kurzer Belichtung einerseits vor der Linie G des Sonnenspektrums, erstreckt sich aber andrerseits weit ins Ultraviolett (Fig. 150).

b) Am Lichte violett angelaufenes Chlorsilber (Silberphotochlorid).

Ist aber das Chlorsilber vorher kurze Zeit dem Lichte ausgesetzt gewesen, oder war das Spektrum nicht völlig rein, d. h. mit diffusem weißen Licht vermischt, so fangen nach Verlauf einer ziemlich langen Zeit sogar die weniger brechbaren Strahlen bis zum äußersten Rot zu wirken an, wie die Versuche von Seebeck, Herschel, Poitevin,

---

1) S. dieses „Handbuch", III. Band.

2) Das ist: Chlorsilber und Silbercitrat in Gelatine.

3) Tränken von Papier mit Kochsalzlösung, Trocknen, Schwimmenlassen auf Silbernitratlösung und Trocknen mit überschüssigem Silbernitrat.

Chlorcitratpapier, gewöhnliches Zelloidinpapier (Chlorsilber gemischt mit überschüssigem Silbernitrat, Silbercitrat und Zitronensäure mit Kollodium emulgiert) besitzt im Sonnenspektrum zwei Maxima der Empfindlichkeit: eins am Ende des Violett (zugehörig zum Chlorsilber) und ein zweites, welches wohl durch das beigemengte organische Silbersalz bewirkt wird, bei λ 455, welches sich verbreitert über Blau und Grün gegen Gelb erstreckt (Eder). Beide Arten von Papieren haben deshalb eine verschiedene Farbenempfindlichkeit. Die stärkere Empfindlichkeit der Chlorcitratpapiere für die weniger brechbaren Strahlen erklärt ihre Überlegenheit bei trübem Wetter beim photographischen Kopierprozeß, weil Nebel und Wolken das Ultraviolett stärker schwächen, als die weniger brechbaren Lichtstrahlen.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Becquerel, Zenker u. a. zeigen. Auf solchem vorher belichteten Papier finden sich zwei Maxima der Lichtwirkung, eines zwischen G und H, das andere nächst E, wie Fig. 150, Kurve 6 darstellt.

Diese Erscheinung erklärt sich dadurch, daß das Chlorsilber im Lichte violett wird (Bildung von Silbersubchlorid oder Photochlorid) und dadurch die Fähigkeit erhalten hat, gelbes und gelbrotes Licht stärker zu absorbieren und fähig wird, Photographien in natürlichen Farben zu geben (sog. Farbenanpassung s. unten).

Die Wirkung der farbigen Strahlen des Spektrums auf solches violettes Silberphotochlorid ist höchst merkwürdig. Man bereitet sich diese Chlorverbindung, indem man metallisches Silber mit Kupferchlorid behandelt oder einfach ein gewöhnliches Chlorsilberpapier im Lichte sich dunkler färben oder kolloidales Silber von Chlorsilber adsorbieren läßt. Ein so bereitetes Chlorsilber empfängt und behält den Eindruck der Farben, von denen es getroffen wird, wodurch das Spektrum so ziemlich in seinen natürlichen Farben reproduziert wird.

Diese Beobachtung machte zuerst Seebeck 1810 (s. Eders Geschichte d. Phot., 1. Abt., Bd. I dieses Handbuches) und Herschel 1839 bei Chlorsilberpapier. Poitevin bildete dieses Verfahren besonders aus.

Becquerel und Niepce erzielten bessere Erfolge, indem sie polierte Silberplatten verwendeten, die auf einige Augenblicke in eine Lösung von Kupferchlorid oder Chlorkalk getaucht waren, wodurch sie eine violette Färbung erhalten. Merkwürdig ist dabei, daß auf solche Platten das Spektrum im Orange und Rot am kräftigsten, also ganz anders einwirkt wie auf weißes Chlorsilber. (Heliochromie.)

Die nach den Angaben von Poitevin u. a. durch Belichten von Chlorsilber hergestellten dunklen Photochloridpapiere geben im Spektrum die helleren Farben durch oxydative Ausbleichung (Lüppo-Cramer, Phot. Korresp. 1907, S. 376 und 439).

Über die Beziehungen des Photochlorids zur Heliochromie siehe Carey Lea „Kolloides Silber und die Photohaloide“ (Dresden 1908); ferner Günther, sowie Lüppo-Cramer (Phot. Korresp. 1907, S. 376).

Das Guntzsche Silberchlorür (auf chemischem Wege hergestellt) verhält sich ähnlich im Spektrum wie vorbelichtetes Chlorsilber (Wiener, Eders Jahrb. f. Phot. 1896, S. 67).

Lüppo-Cramer[1]) hält die durch Belichtung erzeugten Photohaloide für gleichartig mit den durch Zusatz von kolloidalem Silber zu Chlor-, Brom- und Jodsilber (Adsorption von kolloidalem Silber) erzeugten Präparaten.

1) Phot. Korresp. 1910, S. 128.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Geeignete Vorschriften zur Herstellung von Photochloridemulsion gab Lüppo-Cramer in seinem Buche „Kolloidchemie-Photographie", Dresden 1908, S. 99, an.

Silberphotochlorid und -bromid (am Licht angelaufenes AgCl und AgBr, oder durch Zusatz von kolloidalem Silber zu normalem Chlor- und Bromsilber hergestellt) nehmen im farbigen Spektrum mehr oder weniger klar oder unklar identische Farben an (Herschel, Zenker u. a.). Bei Silberphotojodid entstehen annähernd komplementäre Farben [Hrudnik[1]), Lüppo-Cramer[2])].

Die von Lüppo-Cramer hergestellten Photochloridplatten enthalten nur Bruchteile eines Prozents von adsorbiertem Silber und sind schwach rosenrot. Eder[3]) untersuchte diese Schichten, welche kein freies Silbernitrat enthalten, im Sonnenspektrum auf seine direkte Schwärzung im farbigen Lichte. Auf solches Photochlorid wirkt das ganze sichtbare Spektrum mit einem deutlichen Maximum bei *HK* (Eigenempfindlichkeit von Chlorsilber) und einem zweiten breiten Maximum im Grün (Mitte etwa 550 $\mu\mu$); die schwächere Wirkung erstreckt sich ins Dunkelrot (gegen die Linie *A*).

Es wirkt also das rosenrot färbende kolloidale Silber wie ein panchromatischer Farbensensibilisator beim Auskopierprozeß (ebenso wie beim Entwicklungsprozeß s. u.). Man sieht also eine Ähnlichkeit des spektralen Verhaltens vom „Photochlorid" aus Chlorsilber und kolloidalem Silber und dem durch bloße Vorbelichtung aus reinem Chlorsilber hergestellten Photochloridschichten.

c) Chlorsilber und Farbstoffe.

Wird Chlorsilber mit gewissen Farbstoffen gefärbt, so wird seine Farbenempfindlichkeit beim direkten Kopierprozeß ähnlich wie beim Bromsilber (s. Seite 252) gesteigert. Wirksame Farbstoffe sind Eosin, Erythrosin, Rhodamin u. a. Spuren von Silbernitrat wirken bei derartigen gefärbten Papieren als Beschleuniger. Auch bei dem mit Rhodamin gefärbten Chlorsilberpapier erkennt man die Sensibilisierungswirkung im Gelb (s. Fig. 151); das Minimum liegt ähnlich wie beim Rhodamin-Bromsilberpapier, jedoch tritt die Chlorsilberempfindlichkeit im Violett nicht rein hervor, sondern gedämpft und etwas verschoben (dämpfende Wirkung des Farbstoffs, Schirmwirkung).

Die Wirkung von Grün- und Blauviolettsensibilisatoren kann man mit Chlorsilberplatten leichter nachweisen als mit Bromsilber.

---

1) Phot. Korresp. 1903, S. 545.
2) Phot. Korresp. 1909, S. 425.
3) Eders Jahrb. f. Phot. 1910, S. 415.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Wird Chlorsilber, sei es mit oder ohne Silbernitratüberschuß, auf Papier aufgetragen (Badeverfahren, Emulsion oder dgl.), dann gewaschen und in gewissen verdünnten sensibilisierenden Farbstofflösungen gebadet (z. B. Eosin, Erythrosin, Rhodamin, Isocyanin), so färbt es sich direkt an; der Farbstoff haftet am Chlorsilberkorn und kann durch Wasser kaum weggewaschen werden. Solches Chlorsilber erfährt beim direkten Schwärzungsprozeß im Sonnenspektrum nicht nur eine Schwärzung im Bezirke der Eigenempfindlichkeit des Chlorsilbers (Violett und Ultraviolett), sondern auch im Grün bis Orange oder Rot, je nach der Lage des Absorptionsbandes des Farbstoffs, z. B. beim Eosin zwischen *D* und *E*; ein breites Minimum (breiter als bei Bromsilber) trennt das Sensibilisierungsmaximum von dem Empfindlichkeitsmaximum des Chlorsilbers selbst (vgl. S. 270; ferner das analoge Verhalten von Bromsilber, S. 252). — Der verschiedene Effekt ein und desselben Farbensensibilisators auf Brom- und Chlorsilbergelatine mit Entwicklung ist im Abschnitt e, Fig. 161 schematisch durch Kurven gezeigt.

d) Die Farbenanpassung des Silberphotochlorides,

seine Fähigkeit zur Farbenwiedergabe, untersuchte in neuerer Zeit insbesondere O. Wiener (Eders Jahrb. f. Phot. 1896, S. 55).

Zenker erkannte zuerst im Jahre 1868, daß beim Becquerelschen Verfahren der Heliochromie mit chlorierten metallischen Silberplatten die Farbenbildung durch stehende Lichtquellen zustande kommt, indem hauptsächlich ein Interferenzfarbenbild entsteht. (Näheres s. O. Wiener a. a. O.) Beim Seebeckschen oder Poitevinschen Verfahren, bei welchem dieselbe sensible Substanz (Silberphotochlorid) auf Papier aufgetragen ist wie im vorigen Falle, liegt trotzdem hier die Bildung von Körperfarben (kein Interferenzfarbenbild) vor, wie zuerst Wiener (a. a. O.) nachwies. Er nimmt an, daß im Silberphotochlorid ein Komplex verschiedenfarbiger Partikelchen vorhanden ist, von welchem in farbiger Beleuchtung nur jene von derselben Färbung bestehen bleiben, d. i. die roten Silberphotochloridpartikelchen werfen rotes Licht zurück und bleiben bestehen, während die andersfarbigen das rote Licht absorbieren und von ihm zerstört werden.

Über die Farbenanpassung des Silberphotochlorids machte Lüppo-Cramer folgende Mitteilungen (Phot. Korresp. 1911, S. 33 und 270): Mittels ultramikroskopischer Untersuchungen hat Siedentopf nachgewiesen (Eders Jahrb. f. Phot. 1911, S. 421), daß sich beim Belichten von Chlor- und unreifer Bromsilberemulsion Partikelchen von kolloidem Silber zeigen, welche lebhaft rot, gelb, grün und bei längerer Belichtung blauviolett gefärbt sind. Dies hängt mit der Teilchengröße zusammen, da die Farbe des kolloiden Silbers sich mit zunehmender Größe der Teilchen von Gelb nach Blau kontinuierlich ändert. Lüppo-Cramer hält die Blaufärbung des Chlorsilbers für den normalen Reduktionsvorgang, während Gelb und Rot durch den oxidierenden Einfluß dieser Lichtart entsteht.

Die erste Angabe, daß sich Chlorsilber im Spektrum verschiedenartig färbt, machte wohl Senebier 1782[1]). Weitere Beobachtungen hierüber stammen von

1) Eder, Geschichte der Photographie, Halle 1905, S. 75 und 441.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Ritter aus dem Jahre 1801[1]). Ritter entdeckte, daß Chlorsilberpapier, das zuvor am Tageslichte ein wenig gedunkelt worden war, im violetten Ende des Spektrums dunkler, im roten aber heller werde, nach Eder l. c. die erste Angabe, die auf einen Gegensatz der chemischen Wirkung des roten und des violetten Lichtes hindeutet. Ritter fand, daß die Schwärzung hinter dem Grün aufhört und daß die Lichtwirkung im Orange und Rot in wahre Oxydation des bereits reduzierten oder, was dasselbe ist, in die Retardation oder Aufhebung der Reduktion übergeht.

Bekannter sind die Beobachtungen von Seebeck[2]), der durch Belichtung von feuchtem auf Papier gestrichenen Chlorsilber im Spektrum eine Reihe von ziemlich ausgesprochenen und einigermaßen mit der Spektralzone übereinstimmenden Farben erhielt.

Sir John Herschel stellte 1840 ähnliche Versuche an und beobachtete, daß im Lichte geschwärztes Chlorsilberpapier unter dem Spektrum im Rot, Grün und Blau analoge Farben annahm[3]). Im übrigen hat sich Becquerel bekanntlich hauptsächlich mit der Photochromie auf chlorierten Silberplatten befaßt, wobei nach den Untersuchungen von O. Wiener[4]) Interferenzfarben die Hauptrolle spielen. Das gleiche gilt von den Heliochromien von Niepce de St. Victor, doch sei darauf hingewiesen, daß selbst auf diesen Platten, die als die schönsten der damaligen Zeit anerkannt wurden, die Farbenwiedergabe doch nur eine recht mäßige ist, wie die von Eder seinem Quellenwerke beigegebene Faksimilereproduktion einer auf der Pariser Weltausstellung im Jahre 1862 ausgestellten Photochromie von Niepce de St. Victor zeigt. Jene Platte zeigt als einigermaßen ausgesprochene Farbe nur eine Art Ziegelrot, im übrigen nur verschiedene Nuancen Grau.[5])

Vielfach sind Photochromieversuche mif Chlorsilberemulsionen (Auskopierpapier) angestellt worden, so von R. Ed. Liesegang[6]), F. Veress[7]) u. a. Auch hier wird durchgehends das Gelb vermißt, Grün mehrfach als nur „teilweise vorhanden“ angegeben. Dagegen sind alle Autoren darin einig, daß Rot und Blau ziemlich gut wiedergegeben werden.

Lüppo-Cramer versuchte, ob die Farbenanpassung der Photohaloide auch bei Abwesenheit eines besonderen Oxydationsmittels durch Vergrößerung und Verkleinerung der Silberteilchen in der zu Eingang beschriebenen Art zu erklären ist. Es ergeben sich zunächst verschiedene Anzeichen dafür, daß zur Erzielung einer blauen Farbe auf den Silberhaloiden ein gewisses Minimum der ursprünglichen Korngröße Voraussetzung ist. Feinkörnige Auskopierpapiere, die im weißen Lichte rot anlaufen, können auch im blauen Lichte nur rot und niemals blau werden, weil die Silberteilchen natürlich nicht über die Größe des Haloides hinauswachsen können, aus dem sie entstanden. Dasselbe gilt für das durch Röntgenstrahlen, Radiumstrahlen und ultraviolettes Licht zerstäubte Bromsilber bestimmter Emulsionen, das infolge seiner geringen Korngröße rot anläuft, nicht nnr im weißon Lichte, sondern auch im

---

1) Eder a. a. O. S. 95.

2) Eder a. a. O. S. 118.

3) Eder a. a. O. S. 441 und 443, ferner s. W. Zenker, Lehrbuch der Photochromie, Neuauflage, Braunschweig 1900, S. 45.

4) Eders Jahrb. f. Phot. 1896, S. 75.

5) Eders Geschichte der Photographie, S. 443 und Tafel XII.

6) Eders Jahrb. f. Phot. 1891, S. 540.

7) Eders Jahrb. f. Phot. 1892, S. 332.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

blauen. Besonders lehrreich ist in dieser Richtung ein Versuch über die Einwirkung des ultravioletten Lichtes von nur der einen Wellenlänge 0,275 μ auf Bromsilberplatten mittlerer Korngröße. Die Strahlen von dieser kleinen Wellenlänge hatten das Bromsilber direkt rot gefärbt, indem neben der Kornzerstäubung die photochemische Reduktion durch dieselben kurzwelligen Strahlen einherging[1]). Von einer Farbenanpassung kann also in diesen Fällen gar keine Rede sein.

Ist also für die Entstehung der blauen Farbe auf den Silberhaloiden eine gewisse minimalste Korngröße Vorbedingung, so kann andererseits auf größeren Körnern, die im blauen oder weißen Lichte blaues Silber liefern, prinzipiell auch die rote Farbe erhalten werden, wenn Bedingungen geschaffen werden, die das Wachstum des photochemisch reduzierten Silbers über die für rot maßgebende Teilchengröße hinaus verhindern. Einen verhältnismäßig einfachen und deshalb recht instruktiven hierhin gehörigen Fall hat Lüppo-Cramer bereits früher[2]) mitgeteilt. Wenn man ein kurz vorbelichtetes Bild auf z. B. Kurzschen Zelloidinpapier durch eine Nachbelichtung unter einem geeigneten Rot- oder Gelbfilter vermöge der „action continuatrice" im Sinne Becquerels entwickelt, so wird die Anlauffarbe ausgesprochen rötlich, während dasselbe Papier im weißen, blauen oder auch grünen Lichte nach blau nuanciert erscheint[3]). Eine „Anpassung" an die rote oder gelbe Belichtungsfarbe ist also nicht an eine schon vorher vorhandene ausgeprägte Färbung gebunden, die, wie beim Poitevinschen Verfahren, erst „ausgebleicht" werden müßte.

Die Wiederaufhellung des im diffusen Lichte gedunkelten Chorsilbers im Rot des Spektrums wurde schon von Ritter 1801 als „eine wahre Oxydation des bereits reduzierten oder, was dasselbe ist, als Retardation oder Aufhebung der Reduktion" gedeutet. Diese antagonistische Wirkung der roten Strahlen galt allen Forschern der älteren Schule als eine ausgemachte Tatsache, und besonders in der Photochromie nach Poitevin schien die oxydative Wirkung der weniger brechbaren Strahlen auch eigentlich über allem Zweifel erhaben. Die historische Entwicklung, wie infolge der unberechtigten Verallgemeinerung der Zenkerschen Theorie die durchaus begründete Auffassung von Poitevin, Becquerel u. a. neuerdings fast ganz der Vergessenheit anheimfallen konnte, hat Lüppo-Cramer in einer früheren Studie über das Wesen der Poitevinschen Photochromie[4]) ausführlich geschildert. Auch bei dem photographischen Hervorrufungsprozeß war jene antagonistische Wirkung der roten Strahlen in der ersten Zeit der Daguerreotypie von Claudet, Herschel u. a. beobachtet und später auch von Abney wiederholt betont worden, was Lüppo-Cramer näher ausführt (Phot. Korresp. 1911, S. 274).

In seinen Untersuchungen über die Solarisationserscheinungen im Rot[5]) hat Lüppo-Cramer ausgeführt, daß man in der Abneyschen Oxydationstheorie der Solarisation den Sauerstoff entbehren kann und daß alle Reaktionen des solarisierten Bildes sich deuten lassen, wenn man annimmt, daß die pogressiven und die regressiven Reaktionen, d. h. einerseits die Halogenabspaltung, andererseits die Wiederhalogenisierung, in einen Gleichgewichtszustand gelangen, der aber in hohem Maße von der Wellen-

---

1) Lüppo-Cramer, Die Röntgenographie, Halle 1909, S. 54; Phot. Korresp. 1909, S 19.

2) Phot. Korresp. 1910, S. 22.

3) Sogar bei Jodsilber machte ich eine ähnliche Beobachtung. (Phot. Korresp. 1909, S. 271.)

4) Phot. Korresp. 1907, S. 376 und 439.

5) Phot. Korresp. 1910, S. 576.

länge des Lichtes abhängt[1]). Sowohl im blauvioletten wie im roten Lichte finden die beiden antagonistischen Vorgänge der Reduktion und Wiederhalogenisierung statt und in beiden Fällen ist eine Folge der Umkehrung des Reduktionsprozesses die Solarisation. Während aber im blauen Lichte die reduzierende Wirkung bei weitem die Tendenz zur Umkehrung überwiegt, wird unter dem Einfluß der weniger brechbaren Strahlen viel eher ein Gleichgewichtszustand erreicht, d. h. schon bei relativ geringer Halogenabspaltung tritt die als Solarisation sich kennzeichnende Umkehrung auf: eine Wiederhalogenisierung an der Kornoberfläche, die die zur Entwicklung erforderlichen Silberkeime wieder unwirksam macht. Es wurde a. a. O. gezeigt, daß man aus dem Verhalten der solarisierenden Schichten den Schluß ziehen kann, daß infolge der überwiegend reduzierenden Wirkung des blauen Lichtes die Dicke der Schicht des einzelnen Bromsilberkornes, die bis zum Eintritt der ersten Umkehrung der Solarisation photochemisch zersetzt ist, erheblich größer sein muß, wenn die gewöhnliche Solarisation im weißen oder blauen[2]) Lichte erfolgt, als wenn die Umkehrung im Rot, der sogenannte Herschel-Effekt, vorliegt. Hier tritt nun eine Analogie zutage, die den erwähnten von Abney und Luggin vermuteten Zusammenhang zwischen den Solarisationserscheinungen und der Farbenwiedergabe bei der Photochromie wieder durch die Teilchengröße des Silbers deutbar erscheinen läßt. Weil bei der Belichtung im Blau die progressive Reaktion weiter geht als im Rot, können sich hier die größeren blauen Silberteilchen ausbilden, während es bei der Bestrahlung mit rotem Lichte (nach einer vorhergegangenen schwachen „action excitatrice") schon zu einem Stillstand des Prozesses kommt, wenn die Silbersubmikronen erst bis zur Größe der roten Teilchen angewachsen sind. Wurde andererseits das Chlorsilber bis zu einer erheblichen Verdunkelung diffus vorbelichtet, so vermag auch die regressive Reaktion in den weniger brechbaren Strahlen des Spektrums die blauen Teilchen an ihrer Oberfläche wieder zu halogenisieren: es tritt eine Verkleinerung der Silberteilchen zu roten ein.

Von ganz besonderer Bedeutung in dieser Beziehung sind aber die direkten Beobachtungen von Siedentopf[3]) im Kardioid-Ultramikroskop, daß die polychromen Silberteilchen, die bei der photochemischen Zersetzung des Bromsilbers entstehen, bei längerer Belichtung wieder ausbleichen. Auch die Untersuchungen von M. P. Villard[4]) über die „action protectrice" zeigen, daß rotes Licht die Versehleierung von Chlorsilberpapier durch das diffuse Licht vollständig verhindert.

e) Chlorsilber mit Hervorrufung.

Chlorsilber auf Kollodium (nasses Verfahren mit saurer Eisenvitriol-Entwicklung) zeigt eine Empfindlichkeit für das äußerste Violett bis

1) Vgl. hierzu die Ausführungen von Wilder D. Bancroft, Journal of Physical Chemistry 1909, Bd. 13, S. 465 und die dort zitierten interessanten Versuche von Goldstein, Journal of Physical Chemistry 1910, Bd. 13.

2) Daß im blauen Lichte lediglich die reduzierende Wirkung der blauvioletten Strahlen zur Geltung komme, erkannte schon Ritter. Ritter fand, daß Spektralviolett und Spektralrot, mittels eines Brennglases gemischt, das Chlorsilber reduziere, „was zeigt, daß die reduzierenden Strahlen im weißen Lichte in weit größerer Menge zugegen sein müssen als die oxydierenden" (Eder, Geschichte der Photographie, S. 96).

3) Phot. Korresp. 1910, S. 274 und die dazugehörige Farbentafel.

4) Journal de Physique 1907, S. 453.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

zur Linie *G*. Trockenes Chlorsilber auf Kollodium zeigt nach der Entwicklung eine Schwärzung von Violett bis ins Rot, bei sehr langer Belichtung sogar bis zur Linie *A*. Ähnliches gilt für alkalische Entwicklung von Chlorsilberkollodium (Schultz-Sellack, H. W. Vogel, Becquerel).

Chlorsilbergelatineemulsion, mit Ferrocitrat oder Eisenoxalat unter Bromkaliumzusatz hervorgerufen, hat das Maximum der Wirkung weiter gegen Ultraviolett zu als Jod- und Bromsilber. Fig. 161 zeigt eine steil auf- und absteigende Kurve der Spektralwirkung auf Chlorsilbergelatine im großen Steinheilschen Glasspektrographen. Das Maximum der Wirkung liegt an der Grenze des sichtbaren Violett und des Ultraviolett bei *KH* (ganz ähnlich der schwärzenden Wirkung des Spektrums ohne Hervorrufung, s. o.). Über den Einfluß der Glassorte des Prismas s. Seite 43. Bei Quarzkörpern oder Gittern liegt das Maximum der Wirkung etwas weiter gegen Ultraviolett über *K* hinaus und die Wirkung verläuft fast gleichstark ins brechbarste Ultraviolett (Fig. 161 die andere Kurve).

Die Farbenempfindlichkeit der verschiedenartigen Chlorsilberemulsionen ist nicht gleich; so ist eine Emulsion aus Chlornatrium und Chlorammonium relativ empfindlicher für das rote Ende des Spektrums, als eine aus Calcium-, Strontium- oder Kadmiumchlorid erzeugte. Die Empfindlichkeit der Chlorsilbergelatine gegen Rot und Gelb ist eine wesentlich geringere, als jene des Bromsilbers.

Stellt man Gelatineemulsionen mittels Chlorsilber und überschüssigem löslichen Chlorid her, so erhält man Chlorsilbertrockenplatten, welche sich ähnlich wie Bromsilberplatten entwickeln lassen, feinkörniger (aber viel unempfindlicher) als letztere sind,[1]) und an Farbenempfindlichkeit stark von Brom- und Jodsilber abweichen.

Eder stellte Versuche mit verschiedenen Spektrographen an und stellte folgendes spektrale Verhalten photographischer Chlorsilbergelatineschicht mit Entwickler fest.

Im Gitterspektrum hat Chlorsilbergelatine das Maximum der Empfindlichkeit (Sonnenlicht) hinter der Fraunhoferschen Linie *K* zu Beginn des Ultraviolett; vor den Linien *H* ($\lambda = 396$) und *K* ($\lambda = 393$) beginnt die starke Wirkung, steigt rasch an, erreicht bei ca. $\lambda = 380$ das Maximum und bleibt auf gleicher Höhe, soweit das Sonnenspektrum kräftig die Atmosphäre passieren kann, d. i. bis ca. $\lambda = 320$. Die Mitte des Empfindlichkeitsbandes der Chlorsilbergelatine bei normaler Belichtung liegt unter diesen Verhältnissen ca. bei $\lambda = 355$.

1) Vgl. Eder-Pizzighelli, Die Photographie mit Chlorsilbergelatine, Wien 1881. Ferner Eder, Ausf. Handbuch der Photographie, Bd. III, 4. Aufl., S. 395. — Derartige Chlorsilbergelatineplatten stellt in sehr guter Qualität A. Herzka in Dresden her. Als Entwickler benutzte Eder: Lösung I. 60 g Kaliumoxalat, $2^1/_4$ g Chlorammonium, 1 g Bromkalium, 500 ccm destilliertes Wasser. Lösung II. 16 g Eisenvitriol, 8 g Zitronensäure, 8 g Alaun, 500 ccm destilliertes Wasser. Vor dem Gebrauche werden die Lösungen I und II zu gleichen Teilen gemischt. Siehe auch Eder, „Rezepte und Tabellen für Photographie", V. Aufl., 1900, S. 40.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Durch farblose Glasprismen wird das Maximum der photographischen Wirkung des Sonnenspektrums vom Ultraviolett gegen die Grenze von Violett und Ultraviolett (gegen die Linien *HK*) gedrängt. Dieser Effekt entspricht der absorbierenden Wirkung von Glasmassen, wie sie gewöhnlich in Aplanaten und anderen Objektiven mit gut durchlässigen Gläsern vorkommen; würde ein Objektiv schweres Flintglas enthalten, so würde die Maximalwirkung sogar bis zur Fraunhoferschen Linie *h* ($\lambda = 410$) gedrängt werden und die Wirkung gegen *HK* schwächer werden.

Fig. 161 zeigt den verschiedenen Verlauf der Empfindlichkeitskurve von Chlorsilbergelatine gegen Sonnenlicht, je nachdem man sich des Gitter- oder eines gut durchlässigen Glas-Spektrographen bedient.[1])

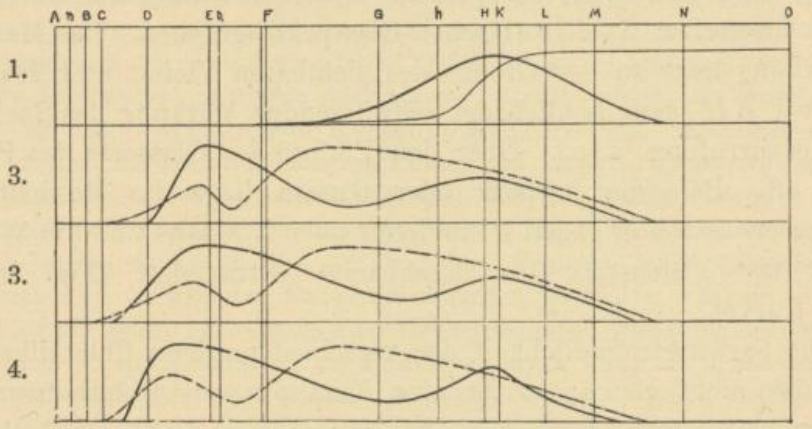


Fig. 161.

1. Wirkung des Sonnenspektrums auf Chlorsilbergelatine mit Entwicklung (stark gezeichnete Kurve: Glasspektrograph; dünn liniierte Kurve: Konkavgitter). — 2. Voll ausgezogene Kurve: Eosin-Badeplatte auf Bromsilbergelatine; punktierte Kurve: Eosin auf Chlorsilbergelatine. — 3. Voll ausgezogene Kurve: Glyzinrot auf Bromsilbergelatine; punktierte Kurve: Glyzinrot auf Chlorsilbergelatine. — 4. Voll ausgezogene Kurve: Rose bengal auf Bromsilbergelatine; punktierte Kurve: Rose bengal auf Chlorsilbergelatine.

Variable Sensibilisierungswirkung von Farbstoffen auf Brom- und Chlorsilber.

Für die vorliegenden sensitometrischen Versuche ist eine genaue Kenntnis der Lage der Sensibilisierungsmaxima der für Gelbgrün sensibilisierenden Farbstoffe von Belang. Deshalb untersuchte Eder neuerdings die Wirkung gleicher Farbstoffe auf verschiedene photographische Schichten, insbesondere auf Bromsilbergelatine-, Chlorsilbergelatineplatten[2]) und Bromsilberkollodion-Emulsion,[3]) und zwar benutzte er Eosin (Tetrabromfluoresceïn), Erythrosin (Tetrajodfluoresceïn) und Rose bengal.

---

1) Über den Effekt von Spektrographen mit Schwerflint s. Eder, „Über das Verhalten der Haloidverbindungen des Silbers gegen das Sonnenspektrum", Sitzungsber. d. akad. Wissensch. Wien, 4. Dez. 1884.

2) Von Eder zuerst untersucht 1884 (a. a. O, wo sich auch eine gezeichnete Kurve der Spektralwirkung auf Chlorsilber + Eosin vorfindet, welche im wesentlichen mit seinen neuerlichen Beobachtungen übereinstimmt, jedoch den Verlauf der Sensibilisierung weniger genau wiedergibt, als die dieser Abhandlung in Fig. 161 beigegebene Kurve.

3) Gewaschene Albertsche Bromsilberkollodion-Emulsion, welche, mit dem betreffenden Farbstoffe gefärbt, im Silberbade 1 : 500 gebadet und dann mit alkalischem Glyzinentwickler hervorgerufen wurde.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Die durch den betreffenden Farbstoff bewirkten Sensibilisierungsmaxima liegen bei kurzen Belichtungen sowohl bei Brom- und Chlorsilbergelatine, als auch bei der Kollodiumemulsion in der Regel an annähernd derselben Stelle, mitunter sind sie gegeneinander etwas verschoben (um ± 1 bis 6 Angströmsche Einheiten).

Bei ganz kurzen Belichtungen liegt das Sensibilisierungsmaximum von Tetrabromfluoresceïn (Eosin) bei Bromsilber- und Chlorsilbergelatine fast an derselben Spektralstelle, jedoch erscheint bei mehreren meiner Spektrumphotographien das Eosinmaximum beim Bromsilber ein wenig weiter gegen Gelb liegend, als beim Chlorsilber.[1]) Zusatz von Ammoniak zum Farbbade beeinflußt die Farbenempfindlichkeit günstig, ist aber nicht ohne Rückwirkung auf den Verlauf des Sensibilisierungsbandes.

Bei Chlorsilber- und Bromsilbergelatine sind die Minima der Empfindlichkeit viel mehr voneinander verschieden als ihre Maxima, wie folgende Zusammenstellung von Eders Messungen zeigt:

	Glasspektrograph (Sonnenlicht)	
	Sensibilisierungsmaximum bei	Minimum bei
Chlorsilbergelatine mit Eosin und Ammoniak[2])	$\lambda = 540$	$\lambda = 457$
Bromsilbergelatine mit Eosin und Ammoniak	$\lambda = 541$	$\lambda = 513$
Bromsilbergelatine mit Eosin ohne Ammoniak	$\lambda = 546-542$	$\lambda = 525$

Während die Sensibilisierungsmaxima so ziemlich (nicht genau) an derselben Stelle im Gelbgrün sich befinden, schwanken die Minima viel mehr, weil bei längerer Belichtung und starker Entwicklung sich das Sensibilisierungsband unsymmetrisch beiderseits verbreitert und anderseits das photographische Band im Blauviolett, welches der photographischen Eigenempfindlichkeit des reinen Bromsilbers (oder Chlorsilbers) entspricht, nach steigender Belichtung sich seinerseits je nach der Belichtungsdauer bald mehr, bald weniger weit gegen Blaugrün ausbreitet; hierbei rückt bald das letztere Band, bald das erstere Band rascher vor, je nachdem die relative Gelbgrün- oder die Blauempfindlichkeit überwiegt.

Die erwähnte unsymmetrische beiderseitige Ausbreitung des eigentlichen Sensibilisierungsbandes ist auch die Ursache, warum bei längerer Belichtung und Entwicklung die Mitte dieses Bandes nicht mit dem eigentlichen Sensibilisierungsmaximum zusammenfällt, sondern allmählich gegen Blaugrün zu sich verschiebt. Hierin liegt der Grund der Unsicherheit der Bestimmung der Sensibilisierungsmaxima.

Die Empfindlichkeit einer Eosin-Bromsilbergelatineplatte reicht bei ca. 100facher Überexposition (d. i. 100mal längere Belichtung, als zur Entstehung eines guten Sensibilisierungsbandes nötig ist) weit über die Fraunhofersche Linie *D* gegen *C*. — Das auf Eosin-Chlorsilbergelatine photographierte Spektrum rückt mit

1) Vgl. Acworth, Annal. Physik.

2) 100 ccm Wasser, 2 ccm Eosinlösung (1 : 500), 0,5 ccm Ammoniak, Badezeit 1 bis 2 Minuten.

entsprechender photographischer Schwärzung langsamer gegen Rot und schneller gegen Blaugrün vor; es erscheint bei kurz belichteten Platten zuerst nur Gelbgrün (Sonnenspektrum), dann nach ca. viermal längerer Belichtung erst ein photographischer Effekt im Bezirk zu Beginn von Ultraviolett (*HK*); bei Eosin-Bromsilbergelatine ist es umgekehrt.

Eosin-Bromsilberkollodium mit chemischer Entwicklung[1]) gibt ein Sensibilisierungsmaximum bei $\lambda = 542$ bis 550, bei anderen Platten bei 548 bis 549, und zwar erscheint (Glasspektrograph, Sonnenlicht) im Gelbgrün die Wirkung früher als die Blauwirkung. Dagegen gab mir Bromsilberkollodion, gefärbt mit Eosin, gesilbert im starken Silberbade und entwickelt mit saurer Eisenvitriollösung, wie man dies zu orthochromatischen Gemäldereproduktionen verwendet,[2]) kein so deutliches Sensibilisierungsmaximum, sondern bei einigermaßen reichlicher Belichtung erstreckt sich das Band der photographischen Wirkung von der Fraunhoferschen Linie *D* kontinuierlich bis an die Grenze Ultraviolett bei *HK*, wobei ohne Anwendung irgend eines Dämpfungsfilters die Wirkung allmählich gegen Blauviolett sinkt und kaum ein Minimum der Spektralwirkung irgendwo bemerkbar ist. Wird Chlorsilberkollodion ganz ebenso behandelt, so erhält man ein kräftiges Sensibilisierungsmaximum gleichfalls bei $\lambda = 542$ bis 550, bei anderer Platte bei 548 bis 549; die Wirkung erstreckt sich ins Violett, wobei sie jedoch im Blau durch eine Art Minimum unterbrochen wird. Es ist sehr bemerkenswert, daß im großen und ganzen die dominierende Wirkung der Farbensensibilisierung von Eosin trotz der sehr verschieden präparierten photographischen Schicht nicht stärkere Abweichungen gegen das Spektrum aufweist.

Bei Versuchen mit Rose bengal auf Bromsilber- und Chlorsilbergelatine (Farbband mit etwas Ammoniak) fand Eder die Sensibilisierungsmaxima übereinstimmend an derselben Stelle bei $\lambda = 568$ bis 566, dagegen sind die Minima stark verschieden (für Chlorsilber bei kurzen Belichtungen $\lambda = 469$ bis 468, bei Bromsilber bei $\lambda = 509$), ohne daß diese Minima eine besonders gute Charakteristik abgeben würden. Chlorsilberplatten mit Rose bengal ohne Ammoniak[3]) zeigen die Sensibilisierungskurve steiler, prägnanter (mit dem Maximum bei ca. 475 bis 471, also etwas verschieden vom Maximum ohne Ammoniak), Minimum bei 486 bis 481. Der Grund der Verschiebung des Minimums dürfte seinen Grund im Sinken der relativen Gelbgrün-Empfindlichkeit und Vorwalten der Violettempfindlichkeit (siehe oben) haben.

Ähnlich verhält sich Glyzinrot. Die merkwürdigen Unterschiede in den Sensibilisierungsbändern von Farbstoffen auf Bromsilber- und Chlorsilbergelatine zeigt Fig. 161 (Kurven, welche die Wirkung des Sonnenspektrums, Glasspektrograph, auf diese Schichten darstellen).

---

1) Bromsilberkollodion, welches mit Eosin gefärbt, dann im Silberbade sensibilisiert, gewaschen und alkalisch entwickelt wird.

2) Eders Handbuch, II. Teil, d. i. Kollodion mit Bromkadmium und Eosin, gesilbert im starken Silberbade und mit 20 prozentiger Eisenvitriollösung hervorgerufen.

3) Auch bei Chlorsilbergelatine-Emulsionen wirken schon ganz kleine Mengen von Ammoniak (z. B. 0,1 bis 0,5 % im Farbbade) sehr günstig auf Heraustreten des Sensibilisierungsbandes, z. B. Chlorsilbergelatine + Rose bengal gibt ohne Ammoniak in Eders Compoundspektrographen das Sensibilisierungsmaximum im Gelb erst bei 5 bis 7 mal längerer Belichtung als das Violett bei *HK*; mit Ammoniak kehrt sich das Verhältnis um.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Fluoresceïn erzeugt auf Chlorsilbergelatine ein Sensibilisierungsmaximum ungefähr bei λ 465, bei Bromsilbergelatine aber bei λ 466, d. h. das Maximum ist bei Chlorsilber weiter gegen das weniger brechbare Ende gerückt (nur bei kurzer Belichtung und harter Entwicklung nachweisbar, bei normaler Belichtung und Entwicklung verschwinden diese Unterschiede). Sehr gut sensibilisiert Fluoresceïn das Bromsilberkollodium, wenn man mit einem schwachen Silberbade (1 : 500) sensibilisiert, exponiert, gut wäscht und dann alkalisch (mit Glyzin usw.) entwickelt. Die Grünempfindlichkeit ist sehr gut. Monobromfluoresceïn wirkt unter analogen Verhältnissen im Bromsilberkollodium besonders gut;[1]) es sensibilisiert sehr kräftig für Grün und das Maximum des Sensibilisierungsbandes liegt zwischen jenem vom Fluoresceïn und Tetrabromfluoresceïn, bei vortrefflicher Gesamtempfindlichkeit der Schichte. Ein Zusatz von Monobromfluoresceïn zu Äthylviolettkollodion[2]) verbessert dieses, gibt bei Steigung der Empfindlichkeit gute panchromatische Schichten. Da Eder mit Monobromfluoresceïn-Bromsilberkollodion, sowie mit dessen Kombination mit Äthylviolett vorzügliche Resultate hinter Grünfilter, respektive Rotfilter erhielt, so führte Eder dies Verfahren für direkte Dreifarben-Autotypieaufnahmen ein; die Erfolge waren besser als mit anderen bisher bekannten Methoden.

Da die Eigenempfindlichkeit des Chlorsilbers im Ultraviolett stets weitab vom Sensibilisierungsmaximum liegt, so eignet sich die Chlorsilbergelatineplatte besser zum Studium der typischen Sensibilisatoren, namentlich der als Blausensibilisatoren wirkenden gelben Farbstoffe; ihre Wirkung fließt häufig mit der Bromsilberempfindlichkeit zu sehr zusammen, um in ihrer Eigenart sich präzise erkennen zu lassen.

Vergleicht man die Lage der Maxima und Minima in diesen Kurven und wirft die Frage auf, ob derartige orthochromatische Chlorsilbergelatineplatten durch sensitometrische Bestimmung ihrer Empfindlichkeit hinter blauen und gelben Lichtfiltern sich ebenso entsprechend charakterisieren lassen, wie Bromsilberplatten, so ergibt sich folgendes:

Wollte man die Größe der Wirksamkeit der Farbensensibilisatoren bei Chlorsilbergelatineplatten durch Vorschalten von farbigen Lichtfiltern vor ein Sensitometer messen, so müßte man das Spektrum durch violette Filter an der Stelle der approximativen Grenze der Eigenempfindlichkeit des Chlorsilbers abfiltrieren und den anderen passenden, weniger brechbaren Teil für sich wirken lassen, um die Methode dem analogen Verfahren für Bromsilber anzupassen. Durch dieses Beispiel sind die Grenzen der allgemeinen Anwendbarkeit derartiger Methoden überhaupt gekennzeichnet. Keinesfalls aber wird die Sensitometrie mit farbigen Lichtfiltern die spektrophotometrische Methode, wie Eder sie in seiner Abhandlung über „System der Sensitometrie“ beschrieb, ersetzen können, welche sowohl die photographische Einzelwirkung, als auch die Summenwirkung der Spektralbezirke zu messen gestattet.

f) Chlorsilber mit adsorbiertem kolloidalen Silber und Hervorrufung.

Silberphotohaloide, welche Chlorsilber mit adsorbiertem kolloidalen Silber enthalten, sind zufolge der rötlichen Farbe panchromatisch

---

1) Auf Bromsilbergelatine bringt Monobromfluoresceïn keinen so guten Effekt als Sensibilisator hervor.

2) Äthylviolett als Sensibilisator für Rot und Gelb eingeführt von E. Valenta, siehe Phot. Korresp. 1901, S. 37.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

empfindlich über das ganze sichtbare Spektrum. Es wirkt hierbei das kolloidale Silber wie ein Farbensensibilisator[1]). [Vgl. Abschnitt b, S. 285.] Es lassen sich normale Negative entwickeln.

Photochlorid und Photojodid gibt bei weiterem Belichten beim Hervorrufen normale Bilder, d. h. ein normales Negativ, nicht aber Silberphotobromid, welches umgekehrte (scheinbar solarisierte) Bilder liefert, also nach einem Positiv nicht ein Negativ. [Carey Lea[2]), Lüppo-Cramer[3])]. Dies gilt nicht nur für Silberhalogen-Emulsionen, welche im Lichte in Photohaloid übergeführt wurden, sondern auch von Silberhalogenemulsionen in Gelatine, welche mit kolloidalem Silber versetzt (rosarot angefärbt) und zuerst von Lüppo-Cramer[4]) studiert wurden. Die Differenz des Verhaltens der Photochloride und -jodide einerseits und des Photobromids andererseits gilt sowohl für chemische als physikalische Entwicklung.

Eder (Jahrb. f. Phot. 1910, S. 415) untersuchte das Verhalten Lüppo-Cramerscher Photochloridplatten (mit adsorbiertem Silber) gegen das Sonnenspektrum. Man kann die Bilder physikalisch mit Metol-Silbernitrat[5]) zu einem kräftigen Spektrumbild (und normalen Negativ auf glasklarem Grunde) mit grauschwarzer Farbe entwickeln und fixieren.

Ebenso gelingt die kräftige Entwicklung des latenten Lichtbildes mit chemischen Entwicklern, z. B. Ferrooxalat[6]). Sowohl bei physikalischer als chemischer Entwicklung des kolloidales Silber enthaltenden Chlorsilbers zeigt sich eine über das ganze sichtbare und ultraviolette Spektrum verlaufende Schwärzung mit einem mäßigen breiten Maximum bei *HK* und einem etwas stärkeren im Grün (Maximum etwa 550 $\mu\mu$); der Verlauf der Schwärzungskurven im Spektrum ist bei der direkten Schwärzung sowie bei den physikalisch und chemisch entwickelten Platten vollkommen analog[7]).

---

1) Eder, Phot. Korresp. 1909, S. 277; Lüppo-Cramer, Phot. Korresp. 1909, S. 372. — Eders Jahrb. f. Phot. 1910, S. 406 und 407.

2) Carey Lea, Kolloides Silber und die Photohaloide. Neuausgabe von Lüppo-Cramer, Dresden 1908.

3) Phot. Korresp. 1909, S. 275ff.

4) Phot. Korresp. 1909, S. 275ff.

5) Als Entwicklervorschrift wurde benutzt: Lösung A: 50 g Zitronensäure, 500 ccm Wasser, 10 g Metol; Lösung B: zehnprozentige Silbernitratlösung in Wasser. Zu 100 ccm der Lösung A kommen 2 bis 3 ccm der Lösung B; man entwickelt 5 bis 10 Minuten.

6) Eder benutzte folgenden Entwickler: Lösung A: 500 ccm destilliertes Wasser, 60 g oxalsaures Kali, 2,5 g Chlorammonium, 1 g Bromkalium; Lösung B: 500 ccm Wasser, 16 g Eisenvitriol, 8 g Zitronensäure, 6 g Alaun. Vor Gebrauch mischt man gleiche Teile von A und B.

7) Diese generell geltende Regel stellte Eder bereits früher auf (Eder, Die Photographie mit Bromsilbergelatine, 5. Aufl., 1903, S. 764).

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Fig. 159 zeigt den graphischen Verlauf dieser Schwärzungskurve. Das Phänomen verläuft ganz analog der mit organischen Farbstoffen sensibilisierten Chlorsilbergelatineplatten[1]). Sie lassen die Eigenempfindlichkeit des reinen Chlorsilbers (mit dem charakteristischen Maximum bei *HK*) erkennen, dann folgt eine ganz außerordentlich günstige, kontinuierlich verlaufende Farbensensibilisierung durch das adsorbierte rosenrot färbende, kolloidale Silber, mit einem breiten Sensibilisierungsmaximum im Grün und panchromatischer Wirkung über das ganze sichtbare Spektrum.

Dieses Verhalten des Silberphotochlorids gegen Entwickler ist von großer Bedeutung für die Theorie des photographischen latenten Lichtbildes geworden, wie Eder (1909) diskutierte (Phot. Korresp. 1909; Eders Jahrb. f. Phot. 1910, S. 417).

Es ergibt sich nämlich die bereits von Lüppo-Cramer konstatierte Tatsache, daß die Silberkeimtheorie des entwicklungsfähigen latenten Lichtbildes (welche in dem entwicklungsfähigen „Photochlorid" eine Adsorptionsverbindung von Silber und Chlorsilber sieht und von Lüppo-Cramer früher vertreten wurde) nunmehr wenigstens für Chlorsilber nicht haltbar ist. Denn wenn das latente Lichtbild auf Chlorsilber seine Entwicklungsfähigkeit dem im Lichte abgespaltenen und adsorbierten Silber verdanken würde, dann müßte eine derartig synthetisch dargestellte Adsorptionsverbindung von $AgCl + Ag$ sofort im Entwickler sich schwärzen. Dies ist aber nicht der Fall, wie Lüppo-Cramer selbst beobachtete, sondern es stellt sich hierbei die Entwicklungsfähigkeit erst durch Lichtwirkung ein, und zwar entstehen sowohl bei chemischer als physikalischer Entwicklung klare photographische Negative.

Das im Lichte entstehende Reduktionsprodukt des Chlorsilbers, welches in hohem Grade entwicklungsfähig ist, kann also seine Entwicklungsfähigkeit nicht adsorbiertem Silber verdanken, denn dieses wirkt im gegebenen Falle nur als Farbensensibilisator.

Dagegen lassen sich diese Phänomene mit der von Eder wiederholt erörterten Silbersubhaloidtheorie ohne Schwierigkeit erklären. Danach geht das belichtete Chlorsilber zunächst teilweise in Silbersubchlorid über (Bildung einer festen Lösung beider), und dieses ist entwicklungsfähig. Das etwa beigemengte sekundär entstehende Silber ist für die Entwicklungsfähigkeit nicht entscheidend. Das kolloidale Silber vermag sich wahrscheinlich nicht mit Chlorsilber chemisch zu vereinigen, denn

1) Vgl. Eder, Ausführl. Handb. d. Phot., Bd. 3, 5. Aufl., 1903. Ferner Eder und Valenta, Beiträge zur Photochemie und Spektralanalyse, 1904.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

es entsteht hierbei kein entwicklungsfähiges „Photochlorid des Silbers", sondern es bildet sich ein anderes Produkt, das sich wie ein Adsorptionsgemisch von reinem Chlorsilber mit kolloidalem Silber verhält, welch letzteres wie ein Farbensensibilisator wirkt.

Die sensibilisierende Wirkung des kolloidalen Silbers auf Chlorsilber erfolgt ganz analog jener der organischen Farbensensibilisatoren, und zwar ist das von der Chlorsilbergelatine inkorporierte kolloide Silber ein idealer, panchromatischer Sensibilisator; leider ist die Lichtempfindlichkeit derartiger Chlorsilbergelatineplatten zu gering, um derzeit praktisch zu farbentonrichtigen Negativaufnahmen verwendet werden zu können.

VI. Anteil des ultravioletten Lichtes bei photographischen Tageslichtaufnahmen. — Effekt von Glas- und Bergkristall-Linsen.

Hierüber stellte Eder 1903 eingehende Versuche an (Photogr. Korresp. 1903, S. 433).

Die große Rolle, welche Ultraviolett bei photographischen Prozessen spielt, ist bekannt und wurde im Jahre 1895 von Ives[1]) wieder hervorgehoben, nachdem bereits E. Albert 1888 auf die Wichtigkeit des Fernhaltens von ultraviolettem Licht bei orthochromatischen Aufnahmen[2]) hingewiesen hatte.

Mittels Sensitometrie untersuchte Eder die Rolle, welche ultraviolettes Licht bei photographischen Prozessen spielt, indem er eines der bekannten Ultraviolett absorbierenden Mittel, z. B. Chininsulfat, Äsculin usw., einschaltet oder das Woodsche für Ultraviolett durchlässige Filter (Eders Jahrb. f. Phot. 1903, S. 443) benutzt, welches jedoch für Ultraviolett nicht genügend transparent ist.[3])

Gut entspricht eine 4proz. wässerige Lösung von Chininbisulfat (Schichtendicke 1 cm) in Glaswannen (farblose Glasscheiben à 1 mm Dicke). Diese Filter schneiden Ultraviolett ungefähr bei der Fraunhoferschen Linie H ($\lambda = 396$) nebst einem kleinen Stück des äußeren Violett ab; bei kürzeren Belichtungen rückt die Absorption etwas weiter ins Violett, bei sehr langer Belichtung bis $\lambda = 394$ etwas gegen K, welch letzteres aber noch gedämpft wird. (Auch Äsculin kann verwendet werden.)

---

1) F. E. Ives schätzt die Mitwirkung des ultravioletten Lichtes sogar bei gewöhnlichen Aufnahmen im Atelier auf die Hälfte der Gesamtwirkung des Tageslichtes (The Amateur Photographer 1903, S. 349). Ältere Publikation von Ives über diesen Gegenstand s. Phot. Korresp. 1895, S. 495; vgl. ferner Phot. Korresp. 1895, S. 545.

2) Dr. Eugen Albert, „Über eine isochromatische Kollodiumemulsion" (Phot. Korresp. 1888, S. 251).

3) S. auch Phot. Korresp. 1903, S. 367.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Die Differenz der photographischen Wirkung einer Lichtquelle hinter Chininsulfat — sowie hinter Wasserfilter — gibt den Anteil des durch Glas dringenden Ultraviolett am Zustandekommen des Lichtbildes. Will man das Ultraviolett ganz ungestört durch die Lichtfilter dringen lassen, so müssen Wannen aus Bergkristallplatten verwendet werden.

Auf diese Weise ermittelte der Verfasser den Anteil des Ultraviolett bei der photographischen Bilderzeugung am Tageslichte unter Anwendung von Bromsilbertrockenplatten (Glaswannen mit zwei Gläsern à 1 mm); die Versuchsergebnisse sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt.

Bei Aufnahmen mit Bromsilbergelatineplatten am Tageslichte überwiegt also die Wirkung des sichtbaren Spektrums über die immerhin beträchtliche Wirkung des Ultraviolett[1]); dagegen wird beim Photographieren mit Chlorsilbergelatineplatten fast der ganze Effekt vom Lichte im äußersten Violett nächst *HK* und besonders von Ultraviolett bewirkt. Auch bei Magnesiumlicht kommt der Hauptanteil der Wirkung dem Ultraviolett zu.

	Effekt von sichtbarem Lichte	Effekt von Ultraviolett
I. Bromsilbergelatine mit Entwicklung.		
a) Der photographische Effekt von Tageslicht (reflektiert von weißem Papier) auf Bromsilbergelatine setzt sich zusammen aus	62%	38%
b) Photographischer Effekt von Magnesiumlicht (weißes Papier)	30%	70%
c) Gaslicht (Argandbrenner, von weißem Papier reflektiert)	80%	20%
II. Chlorsilbergelatine mit chemischer Entwicklung.		
Der photographische Effekt von Tageslicht (reflektiert von weißem Papier) auf Chlorsilber setzt sich zusammen aus	1—2%	98—99%

Diese Befunde Eders bestätigte und erweiterte später Freiherr von Hübl durch Landschafts-Aufnahmen mit gewöhnlichen Objektiven, einem Objektiv aus Uviolglas (vgl. S. 42) und einer Lochkamera. Das Uviolobjektiv unterscheidet sich auch sonst fast gar nicht von einem gleich gebauten Glasobjektiv. Wurde eine Stereoskopplatte gegen eine Landschaft mit beiden Objektiven exponiert, so war das mit dem Uviolobjektiv entstandene Bild kaum merkbar kräftiger, und bei der Aufnahme einer

1) Falls bei anderen Versuchsanordnungen das Licht durch dicke, eventuell grünliche Glasmassen dringt, so wird das Ultraviolett mehr geschwächt; ebenso treten Schwankungen bei Reflexion von verschieden gefärbten Flächen ein.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Farbentafel war überhaupt kein Unterschied zu konstatieren. Weitere Versuche haben gezeigt, daß bei Aufnahmen mit der Lochkamera die ultravioletten Strahlen tatsächlich etwa 30 Prozent zur Bilderzeugung beitragen, benutzte man aber Glasobjektive, so kamen sie kaum zur Geltung, und daher ist auch dem wiederholt vorgeschlagenen Vorschalten eines Filters von Chininsulfat, um „Störungen" bei der photographischen Aufnahme durch diese Strahlen zu vermeiden, keine praktische Bedeutung beizumessen (Eders Jahrb. f. Phot. 1907, S. 349).

Zum genauen Verständnis dieser Verhältnisse ist die Kenntnis der Absorption optischer Gläser gegen Ultraviolett notwendig.

Farblose Gläser verhalten sich nach den Untersuchungen von Eder und Valenta (Denkschr. d. k. Akad. d. Wissensch., Wien 1894) dem ultravioletten Lichte gegenüber, je nach ihrer Zusammensetzung, sehr verschieden. Ungünstig, d. h. relativ sehr wenig durchlässig für die ultravioletten Strahlen erwies sich das gewöhnliche Silikat-Flintglas. Das neue Baryt-Flintglas absorbiert in dünnen Schichten das Ultraviolett in den Regionen $\lambda = 300\,\mu\mu$, d. i. zunächst den Fraunhoferschen Linien P bis T in geringem Grade; dickere Schwerflintglasschichten absorbieren das ultraviolette Licht schon von K ab in erheblichem Maße, bei Baryt-Flintglas in dickerer Schicht dagegen tritt eine erhebliche Absorption erst bei M oder N ein. (Vgl. Fig. 33.)

Die Absorption des Baryt-Flintglases ist in dünnen Schichten nahezu dieselbe wie bei englischem Hard-Crown; in dickeren Schichten jedoch nimmt die Undurchlässigkeit des Flintglases gegen das Ultraviolett rascher zu, als dies bei dem genannten und anderen Crowngläsern der Fall ist.

Eine sehr befriedigende Durchlässigkeit für ultraviolettes Licht zeigt das Crownglas von hoher Dispersion, sowie das Zink- und Bor-Crownglas; alle diese Gläser aber übertrifft das Leichtphosphat-Crownglas, welches von allen Gläsern die größte Durchlässigkeit für die ultravioletten Lichtstrahlen (von $\lambda = 300$ an) zeigt. Jedoch ist auch diese Glasart trotz ihres relativ günstigen Verhaltens dennoch nicht im entferntesten an Durchlässigkeit für das Ultraviolett mit dem Quarz zu vergleichen. (Vgl. Tafel II.)

Dickere Schichten von gewöhnlichem Schwerflintglas (mehrere Zentimeter stark) üben für Strahlen vom Beginne des Ultraviolett, ja sogar schon für die brechbarsten violetten Strahlen nächst der Fraunhoferschen Linie H ($\lambda = 496{,}8$) eine, wenn auch schwache, so doch schon merkliche absorbierende Wirkung aus, während eine eben so starke Absorption bei Baryt-Leichtflintglas erst bei den Linien M oder N auftritt, und bei Crowngläsern etwa bei O. Die Kurve, welche die Absorption der Gläser bei zunehmender Glasstärke gegen ultraviolettes Licht zum Ausdrucke bringen soll, steigt jedenfalls bei allen Flintgläsern rascher als bei den Crowngläsern, und zwar bei ersteren in um so höherem Grade, als der Bleigehalt wächst.

Den typischen Verlauf der Absorption des ultravioletten Lichtes in Crownglas einerseits und Flintglas andererseits zeigt die Fig. 162.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Da die zu photographischen Objektiven verwendeten Linsen in der Regel mit Canadabalsam verkittet werden, und bereits Hartley auf die absorbierende Wirkung dieses Körpers aufmerksam machte, so muß auch dessen Lichtabsorption berücksichtigt werden. Der Verfasser fand, daß die stärkste Absorption des Ultraviolett bei ungefähr $\lambda = 298{,}0$, d. i. hinter der Fraunhoferschen Linie U beginnt; es ist somit die Absorption für die stark brechenden Strahlen eine geringere als bei den besten 1 cm dicken Gläsern, etwas größer als bei den 1 mm dicken Crownglasplatten, dagegen etwas kleiner als bei den 1 mm dicken Flintgläsern. Daraus geht hervor, daß Canadabalsam für Glaslinsen bezüglich der Absorption im Ultraviolett ein durchaus unschädliches Verkittungsmittel ist, weil sein diesbezügliches Absorptionsvermögen ein derartiges ist, daß es erst bei jenen stark brechbaren ultravioletten Strahlen zur Geltung kommen würde, welche vom Glase ohnedies absorbiert werden. Dagegen werden Quarzkörper durch Canadabalsam in ihrer Durchlässigkeit für Ultraviolett stark geschädigt und betreffs ihrer Leistungsfähigkeit auf jene von Glaskörpern herabgedrückt, selbst wenn die Dicke der Verkittung nur $^1/_{10}$ mm betragen würde. Dickes Glyzerin, welches bereits V. Schuhmann als Bindemittel für Quarzprismen zu Zwecken der Spektrumphotographie empfohlen hat, ist dagegen für die ultravioletten Strahlen so durchlässig, daß das Spektrum bis zur Zinklinie $\lambda = 2024$ ungeschwächt durchdringt.

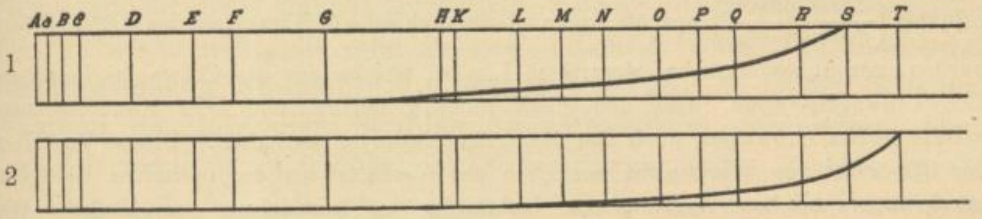


Fig. 162.
1. Absorption im Flintglas. — 2. Absorption im Crownglas.

Es fragt sich nun, ob bei photographischen Arbeiten im Tageslichte Quarzlinsen gegenüber Glaslinsen sich als erheblich vorteilhaft erweisen würden, angenommen, daß die photographischen Objektive dieselbe relative Helligkeit (Verhältnis der wirksamen Öffnung zur Brennweite) hätten. Zu diesem Zwecke verglich der Verfasser eine einfache plankonvexe Quarzlinse bei gleicher Abblendung mit einer einfachen Crownglaslinse (Fokus für die Fraunhofersche Linie $D = 75$ cm), indem beide zu photographischen Aufnahmen im diffusen Tageslichte verwendet wurden. Dabei ergab sich, daß die praktische photographische Wirksamkeit auf Bromsilbergelatineplatten nahezu gleich ist. Die Quarzlinse ist etwas lichtstärker, welcher Unterschied jedoch kaum bemerkbar war.[1]) Bedenkt man, daß die Glaslinse so viel von dem photographisch stark wirkenden Ultraviolett absorbiert, welches durch die Quarzlinsen unbehindert durchgeht, so ist das Resultat vielleicht befremdend; jedoch findet diese Erscheinung alsbald ihre Erklärung in dem Umstande, daß das Tageslicht relativ wenig stark brechende, ultraviolette Strahlen enthält und das diffuse reflektierte Tageslicht, mit dem wir es in der Regel in der photographischen Praxis zu tun haben, arm an Strahlen von kleinerer Wellenlänge als $\lambda = 390$ ist. Die Lichtstrahlen, welche den Fraunhoferschen Linien L bis N entsprechen, spielen unter diesen Verhältnissen

1) Schwerflintglas-Linsen verhalten sich merklich ungünstiger, ebenso gewöhnliche achromatisierte Glaslinsen, welche aus Crown- und Flintglas kombiniert sind.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

eine nebensächliche Rolle, und zwar um so mehr, als das Maximum der Empfindlichkeit der Bromsilbergelatineplatten im Hellblau des Spektrums zwischen ($\lambda = 438$ bis $\lambda = 430$) liegt;[1]) da nun sogar die direkten Strahlen des Sonnenspektrums auf Bromsilbergelatine in der Nähe der Linie M nur mehr $^1/_{10}$ der Wirkung im Blau äußern, und da ferner im diffusen reflektierten Tageslichte diese ultravioletten Strahlen noch schwächer auftreten, so erklärt es sich, daß die ultravioletten Strahlen von kleinerer Wellenlänge, als jene der Fraunhoferschen Linie M bei der Herstellung von photographischen Bildern in der Camera mittels Bromsilberplatten wenig in Betracht kommen.

Es liefern also Crowngläser für praktische photographische Arbeiten im diffusen Tageslichte sowohl für sich allein, als auch unter Anwendung von Canadabalsam hinreichend für Ultraviolett durchlässige Linsen, so daß an einen Ersatz für diese Linsen durch solche von Quarz nicht gedacht zu werden braucht.

Anders verhält es sich mit Schwerflintglaslinsen; diese üben in dichteren Schichten eine merkliche Absorption im Violett und eine sehr starke im Beginne des Ultraviolett aus. Bedenkt man, daß die Lichtstrahlen nächst N ungefähr die halbe photographische Wirkung auf Bromsilber äußern, als jene im Maximum der Wirkung (Hellblau nächst der Linie G), so ist es sofort ersichtlich, daß photographische Objektive, welche Schwerflintglas als Komponenten enthalten, bei gleicher relativer Öffnung $\left(\frac{\text{Durchmesser}}{\text{Brennweite}}\right)$ nur die halbe photographische Wirksamkeit des Bildes liefern werden, gegenüber einfachen derartigen Linsen, welche nur aus Crownglas bestehen; dem Crownglas nahe, aber demselben nicht gleichkommend sind Kombinationen, welche neben Crownglas noch Barytleichtflintglaslinsen enthalten. Dieses Verhalten der Gläser ist von Wichtigkeit bezüglich des Verhältnisses der optischen Helligkeit zur photographischen Wirkung des Lichtbildes bei Anwendung verschiedener Objektivtypen.

Über Absorption von Licht in farblosen Gläsern im optisch sichtbaren Teil s. Krüß, Kolorimetrie und quantitative Spektralanalyse, 1891; ferner H. Krüß in Eders Jahrbuch f. Phot. 1890, S. 45; Liebenthal, Praktische Photometrie, 1907, S. 398. (Vgl. auch S. 16, 42 und 47 dieses Werkes.)

Absorption des Glimmers und Zelluloids im Ultraviolett. Eine sehr dünne Glimmerplatte bewirkt eine Absorption, welche bei der ultravioletten Fraunhoferschen Linie S ($\lambda = 310$) beginnt, rasch bis U ($\lambda = 295$) zunimmt und bei $\lambda = 284$ vollständig ist (Liveing und Dewar, Chem. Zentralbl. 1883, S. 258; Chemical News, Bd. 47, S. 121). Zelluloid absorbiert das äußere Ultraviolett von ungefähr 220 oder 230 $\mu\mu$ an.

VII. Die Photographie mit ultravioletttem und infrarotem Licht auf Bromsilbergelatine.

Man kennt verschiedene Lichtfilter, welche nur das äußerste Rot und das unsichtbare Infrarot durchlassen. Chardonnet war der erste, welcher gegen Ende des vorigen Jahrhunderts zeigte, daß dünne versilberte Glasspiegel viel photographisch wirksames, aber unsichtbares

1) Vgl. O. Lohse, „Die Wirkung der Farben auf Bromsilbergelatineplatten." (Eders Jahrbuch f. Phot. 1894, S. 271.)

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

ultraviolettes Licht absorbieren, dagegen das optisch helle Licht aber durchlassen (nebst etwas Blauviolett). R. W. Wood verwendete dünn versilberte Quarzlinsen zur Photographie mit ultraviolettem Licht, während blaues Kobaltglas mit einem orangenen Flüssigkeitsfilter von Kaliumbichromat hauptsächlich Infrarot durchläßt. Wird eine sonnenbeschienene Landschaft mit Infrarot-Lichtfiltern aufgenommen, so erscheint die Belaubung hell, als ob sie mit frisch gefallenem Schnee bedeckt wäre; der Himmel im Zenit ist schwarz. Das mit der geringen Zerstreuung der langwelligen Strahlen in der Atmosphäre zusammenhängende tiefe Schwarz in den Schatten ist eine Erscheinung, der man auch auf dem Monde oder auf Planeten ohne Atmosphäre begegnen würde, wo das Licht direkt von der Sonne kommt, welche dort in ihrem vollen Glanze aus einem Himmel scheint, der schwarz wie die Mitternacht ist.

Das kurzwellige, ultraviolette Licht verhält sich gerade entgegengesetzt wie das langwellige infrarote Licht. Prof. Wood hat zwei Photographien eines Mannes hergestellt, welcher in vollem Sonnenschein auf der Straße steht, die eine mit gewöhnlichem Lichte, die andere mit der ultravioletten Strahlung; die letztere zeigt absolut keinen Schatten. Während die infraroten Strahlen die Atmosphäre durchsetzen, ohne merklich zerstreut zu werden, ist bei den ultravioletten Strahlen gerade das Gegenteil der Fall, sie werden so stark von den Luftmolekülen und Staubteilen zerstreut, daß der größte Teil des ultravioletten Lichtes, welches die Erdoberfläche erreicht, vom Himmel herrührt und nicht direkt von der Sonne. Wenn unsere Augen nur für das Ultraviolett empfindlich wären, so würde uns die Welt nicht viel anders erscheinen als zur Zeit eines leichten Nebels. Wir würden die Sonne sehen, aber sie würde sehr gedämpft erscheinen und nirgends gäbe es Schatten so wie dies an nebeligen Tagen der Fall ist. Wir würden auf der Erde wandern wie der schattenlose Peter Schlemil der deutschen Fabel.

Blumen, die bei der Aufnahme im vollen Lichte weiß erscheinen, wie z. B. Phlox, verschwinden, wenn nur ultraviolettes Licht zur Aufnahme zugelassen wird, fast gänzlich. Dieselben absorbieren alles Ultraviolett und werfen davon gar nichts zurück. (Wood, The photogr. Journal, Oktober 1910; Phot. Korresp. 1911, S. 258 mit Abbildungen.)

VIII. Solarisationserscheinungen im Spektrum.

Werden Daguerreotypplatten, nasse oder trockene Jodsilber-, Bromsilber- oder Chlorsilberplatten dem weißen Tageslichte viel länger exponiert, als zur Entstehung eines normalen entwicklungsfähigen negativen Bildes notwendig ist, so findet unter dem Einfluß des Ent-

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

wicklers eine Umkehrung statt, d. h. die Silberverbindung verliert die Eigenschaft, sich im Entwickler zu schwärzen oder Quecksilberdämpfe zu kondensieren. Die Erscheinung tritt sowohl bei der chemischen als physikalischen Entwicklung auf; man nennt sie Solarisation, weil die alten Daguerreotypisten, welche zuerst bei den wenig empfindlichen jodierten Silberplatten dies Phänomen beobachteten, es nur im Sonnenlicht erhielten, da schwächere künstliche Lichtquellen wirkungslos waren; heute weiß man, daß jede Lichtquelle, z. B. eine Kerzenflamme, Solarisation hervorrufen kann, wenn nur die belichtete photographische Platte hochempfindlich (Bromsilbergelatineplatte) ist, und deshalb leicht aus dem Gebiete der normalen Belichtung in das Solarisationsgebiet gebracht werden kann.

Man kann sie besonders leicht bei Bromsilbergelatineplatten beobachten, indem man dieselben stückweise immer länger belichtet und dann entwickelt. Anfangs entsteht eine kaum sichtbare Lichtwirkung, welche sich bei intensiverer Lichtwirkung steigert (s. weiter unten das betreffende Kapitel) und bei ungefähr 1000fach größerer Lichtintensität als zur Anfangswirkung nötig ist, wird das Maximum der Schwärzung überschritten und nimmt trotz der gesteigerten Lichtwirkung wieder ab; diese Erscheinung des Zurückgehens der Schwärzung beginnt bei der beiläufig 10000fachen Lichtintensität. Jedoch ändern sich diese Zahlen sehr mit der Plattensorte. (Näheres s. Bd. III dieses Handbuchs.)

Fig. 163 zeigt die Schwärzungskurve einer Bromsilbergelatineplatte, welche eine sukzessive Belichtung von 1 bis 524288 Sekundenmeterkerzen erhalten hatte und dann entwickelt worden war; anfänglich stieg die Schwärzung zu einem Maximum an, sank aber von etwa 16000 SMK bei weiterer Belichtung. — Andere graphische Darstellungen des Solarisationsphänomens s. I. Bd., 2. Abt., 3. Aufl., S. 297.

Janssen beobachtete bei Bromsilbergelatineplatten mehrere Perioden der Solarisationserscheinungen: 1. Anfangs entsteht das gewöhnliche Negativ; 2. nach längerer Belichtung wird die Platte bei der Entwicklung gleichartig dunkel (erster neutraler Zustand); 3. positives Bild; 4. zweiter neutraler Zustand; 5. ein zweites negatives Bild, welches aber eine 100000mal so große Lichtintensität braucht als das Negativ erster Ordnung; 6. dritter neutraler Zustand. (Siehe Weiteres: Band II und III dieses Werkes.)

Der „neutrale Zustand“ der Platte (nach Janssen) zwischen der Umkehrung des negativen Bildes in ein positives wird von Francis Nipher der „Zerozustand“ genannt (Eders Jahrb. f. Phot. 1901, S. 609). Solche „Zeroplatten“ geben beim Belichten in der Kamera und Hervorrufung leicht Solarisations-Diapositive, aber man muß sehr lange belichten (s. Bd. III, S. 826). [Über Solarisation bei Photobromid s. S. 273].

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Auch die verschiedene Farbe des Lichtes spielt hierbei eine Rolle. Herschel entdeckte zuerst 1839, daß spektral verschiedene Lichtarten entgegengesetzt wirken können, indem rote und gelbe Lichtstrahlen die Wirkung der blauvioletten aufheben[1]) [sog. „Herschel-Effekt"]. — Auch Röntgenstrahlen und Lichtstrahlen können im selben Sinne antagonistisch wirken (Villars, 1899 und 1900, Lüppo-Cramer[2]).

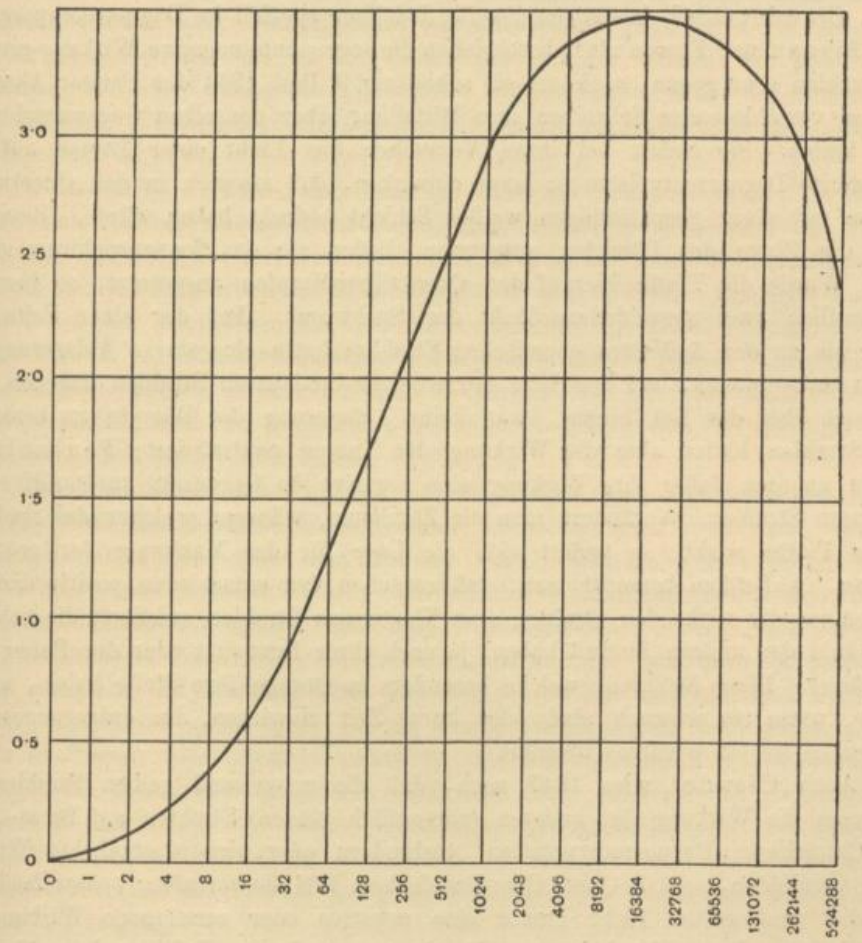


Fig. 163. Schwärzungskurve mit Solarisationsphänomen.

Im reinen Sonnenspektrum zeigt sich, daß bei fortgesetzter Exposition von Jodsilberplatten die Solarisation zuerst an der Stelle der Maximalwirkung im Blau und Violett erfolgt (s. o.). Bromsilber-Emulsionsplatten (Kollodium und Gelatine) solarisieren bei Überexposition zunächst von Ultraviolett bis über *G* im Grün; von dort bis ins Rot erscheint das normale Bild (Abney[3]).

---

1) Vergleiche die historische Zusammenstellung der Literatur über diesen Gegenstand: Lüppo-Cramer, Phot. Korresp. 1902, S. 134.

2) Phot. Korresp. 1909, S. 22.

3) Phot. News 1880, S. 554.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Sehr deutlich zeigt sich die negative, den normalen Lichteindruck zerstörende Wirkung des Lichtes, wenn man die photographische Platte zuerst ganz kurze Zeit dem schwachen Tageslicht aussetzt und dann erst das Spektrum einwirken läßt. Unter diesen Umständen zeigt es sich, daß besonders die roten Strahlen eine den blauen entgegengesetzte Wirkung zeigen. Dasselbe tritt ein, wenn neben dem Spektrum zugleich diffuses Tageslicht auf die Platte wirkt.

Schon Herschel fand 1839[1]), daß die roten Strahlen auf gewisse photographische Papiere den blauen entgegengesetzt wirken. Draper (1842[2]), Lerebours (1846), Claudet (1847) bestätigen dies für Jodsilber speziell im Daguerreotypprozeß[3]).

Fizeau und Foucault[4]) beschrieben die sogenannte negative Wirkung gewisser Lichtstrahlen sehr genau, nachdem sie schon am 9. Dez. 1844 der Pariser Akademie in einem verschlossenen Schreiben ihre Mitteilung über denselben Gegenstand übergeben hatten. Sie ließen bei ihren Versuchen das Licht einer Lampe auf eine bromjodierte Daguerreotyplatte so lange einwirken, daß sie sich in den Quecksilberdämpfen mit einer gleichförmigen weißen Schicht bedeckt haben würde. Bevor sie jedoch die Platte den Dämpfen aussetzten, ließen sie das Sonnenspektrum darauf fallen. Wurde die Platte hierauf den Quecksilberdämpfen ausgesetzt, so bemerkte man deutlich zwei verschiedene Teile des Spektrums. Auf der einen Seite vom Orange bis zu den äußersten chemischen Strahlen hatte eine starke Ablagerung der Dämpfe stattgefunden, auf der Seite der weniger brechbaren Strahlen dagegen, und zwar weit über das Rot hinaus, war keine Ablagerung der Dämpfe zu bemerken. Diese Strahlen hatten aber die Wirkung der Lampe neutralisiert; Foucault und Fizeau nannten daher ihre Wirkung eine negative im Gegensatz zur positiven der brechbaren Strahlen. Verändert man die Zeitdauer, während welcher das Spektrum auf die Platte wirkt, so ändert sich die Lage für das Maximum der negativen Wirkung. Außerdem bemerkt man, daß zwischen den entschieden positiv und entschieden negativ wirkenden Strahlen eine Klasse von Strahlen existiert, die bald den einen, bald den andern Einfluß haben, je nach ihrer Intensität oder der Dauer ihrer Einwirkung. Diese Strahlen, welche besonders in Orange ihre Stelle haben, wirken negativ, wenn sie schwach sind oder kurze Zeit einwirken, im entgegengesetzten Falle geben sie ein positives Resultat.

Auch Claudet wies 1847 nach, daß die roten und gelben Strahlen des Spektrums die Wirkung der anderen (namentlich blauen) Strahlen auf Brom-, Jod- oder Chlorsilber (Daguerreotypplatten) verhindern oder eine stattgehabte Wirkung wieder vernichten, so daß Quecksilberdämpfe kein Bild hervorrufen; später fand er[5]), daß rotes und gelbes Licht immer eine negative oder zerstörende Wirkung auf Bromjod- oder Bromchlorplatten ausübt, dagegen auf reine Jodsilberplatten bald im selben Sinne wie Blau, bald negativ wirkt. Was die relative Wirkung der einzelnen Strahlen anbelangt, so braucht nach Claudet rotes Licht die Zeit 50, orangefarbenes 15, gelbes 18, um die Wirkung des weißen Lichtes, welches durch die Zeit 1 gedauert hat, aufzuheben.

---

1) Biblioth. univ. de Genève. Neue Serie. Bd. 23, S. 185. — Weitere Arbeiten Herschels s. Philos. Magaz. 1843 (3), Bd. 22. Zusammengestellt: Becquerel, La Lumière, Bd. 2, S. 91.

2) Philos. Magaz. Nov. 1842.

3) Claudet, Philos. Transact. 1847. Daguerreian Journ. 1851, Bd. 1, S. 161.

4) Compt. rend. Bd. 23, S. 679. Fortschr. d. Phys. 1846, S. 235.

5) Philos. Magaz. Bd. 32, S. 199. Fortschr. d. Physik 1848, S. 194.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Draper erhielt auf Daguerreotypplatten durch Exposition an das Spektrum und gleichzeitige Einwirkung von schwachem diffusen Tageslichte Solarisationserscheinungen von *G* bis ins Infraroth (s. S. 276), wobei die Fraunhoferschen Linien positiv erschienen[1]).

Photographiert man auf eine Jodsilberplatte (nasses Kollodium-Verfahren) ein Spektrum, indem zugleich schwaches Tageslicht Zutritt hat, so zeigt nach Abney[2]) die Photographie drei Regionen. 1. Eine mittlere, die von der Grenze zwischen Grün und Blau sich bis ein wenig jenseits vom Anfang des Violett erstreckt; hier ist das Silberjodid unter dem Einflusse des Entwicklers geschwärzt. 2. Eine Partie von der obigen Grenze bis zu der theoretisch unteren Grenze des prismatischen Spektrums, wo die Wirkung des Tageslichtes vollkommen von der des Sonnenlichtes aufgehoben ist. 3. Eine ebensolche geschützte Gegend im Violett, die indes schwächer als die zweite ist.

Waterhouse[3]) fand, daß jede Art des Spektrallichtes (vom Rot bis zum Violett) eine vorausgegangene Lichtwirkung auf Bromsilber aufheben könne. Er beobachtete, daß trockene, mit Anilinblau schwach gefärbte Bromsilberkollodiumplatten, wenn sie vor der Exposition im Spektralapparate dem diffusen Tageslicht ausgesetzt werden, bei der alkalischen Entwicklung umgekehrte (positive) Photographien der äußersten roten und infraroten Strahlen des Sonnenspektrums geben. Auch die blauen und violetten Strahlen zwischen *F* und *H* wirken bei gefärbten und ungefärbten Bromsilberplatten nach zu langer Exponierung oft umkehrend, so daß die Fraunhoferschen Linien positiv erscheinen.

Von Wichtigkeit sind Abneys Untersuchungen über den Solarisationsprozeß. Er zeigte, daß die Solarisationserscheinung besonders stark hervortritt, wenn die photographischen Platten unter dem Einflusse von Oxydationsmitteln exponiert werden.

Abney fand, daß Bromsilber- oder Jodsilber-Kollodiumplatten in einer Wasserstoff- oder Stickstoffatmosphäre, oder unter reduzierenden Lösungen wie Pyrogallussäure, Gallussäure, Eisenvitriol, Kaliumferrooxalat usw. im Spektrum nicht solarisieren, ja daß nunmehr die Wirkung sich viel weiter ins Rot oder Infrarot erstreckt[4]). Bromsilberkollodium unter einer Lösung von schwefligsaurem oder salpetrigsaurem Natron in Wasser oder Glyzerin exponiert, läßt ein normales Bild bis zur Linie *A* und sogar ins Ultraviolett entwickeln, während unter gewöhnlichen Umständen nur die Linie *B* erschien[5]). — Unter gewöhnlichen Umständen (also bei Luftzutritt) tritt die Solarisation im Rot und Violett ein. In oxydierenden Gasen oder Flüssigkeiten aber verläuft der Prozeß häufig ganz anders, wie besonders Abneys Untersuchungen[6]) zeigen.

Eine Jodsilberkollodiumplatte wurde nach der Sensibilisierung dem zerstreuten Tageslicht ausgesetzt, gewaschen und in einer Lösung[7]) von 1% Jodkalium dem Spektrum exponiert[8]). Der Effekt ist in Kurve 1, Fig. 164 und 165, dargestellt; es

---

1) Phot. Korresp. 1874, S. 68. Fortschr. d. Physik 1874, S. 507.

2) Philos. Magaz. (5) Bd. 11, S. 300. Ann. Phys. Chem. 1881, S. 509.

3) Lond. R. Soc. Proc. 24, 186. Jahresber. Chem. 1876, 155. Phot. Mitt. Bd. 12, S. 248.

4) Phot. Mitt. Bd. 15, S. 74 und 96.

5) Phot. News 1878, S. 389.

6) Phot. News 1880, S. 454. Auch Phot. Wochenbl. 1881, S. 257.

7) Abney bedient sich hierbei einer Glaswanne mit planparallelen Glaswänden.

8) Dann mit Eisenvitriol und Silbernitrat entwickelt.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

wirken dieselben Strahlen solarisierend, welche unter gewöhnlichen Verhältnissen das normale Bild (punktierte Kurve 1) erzeugen, nämlich Violett bis Grün. Eine ähnliche Platte wurde ebensolange in einer einprozentigen Bromkaliumlösung exponiert (2); es erfolgte Umkehrung im Blau und Rot, aber in letzterem weniger stark. War die Bromkaliumlösung angesäuert, so erfolgte die Umkehrung rascher, langsamer dagegen, wenn sie alkalisch war, in welchem Falle die Wirkung nur im Blau, nicht im Rot erfolgte.

Eine analog präparierte und vorbelichtete Jodsilberplatte wurde gewaschen und ohne jede Flüssigkeit dem Spektrum exponiert; es erfolgte Solarisation im Blau, aber nicht so ausgedehnt wie in Jod- oder Bromkaliumlösung. — Eine vorbelichtete Jodsilberplatte in einer schwachen Kaliumbichromat-Lösung gab eine starke Umkehrung im Rot, nicht im Blau (3). — In Hypermanganatlösung war dieselbe Umkehrung wie mit Chromat gefunden, es kam aber im Blau ein normales Bild dazu (4); mit Wasserstoffhyperoxyd zeigte sich eine analoge Wirkung wie mit Hypermanganat, nur reichte die Umkehrung weiter ins Grün (5). — Mit sehr verdünnter Bichromat- oder Hypermanganatlösung wird Rot und Gelb ein schwaches normales Bild erhalten, dagegen eine Umkehrung im Blau (punktierte Kurven 4 und 5). — Mineralsäuren bewirken eine kräftige Umkehrung im Blau, sowie im Rot, mit Ausnahme eines Teils von Grün (6).

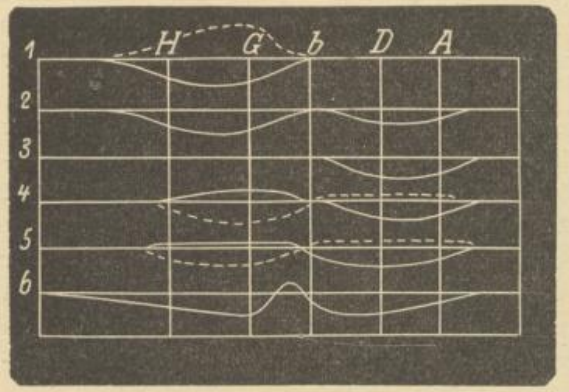


Fig. 164. Die Kurven unterhalb der Horizontalen zeigen die umkehrende Wirkung (positives Bild); die oberhalb die gewöhnliche Wirkung (negatives Bild).

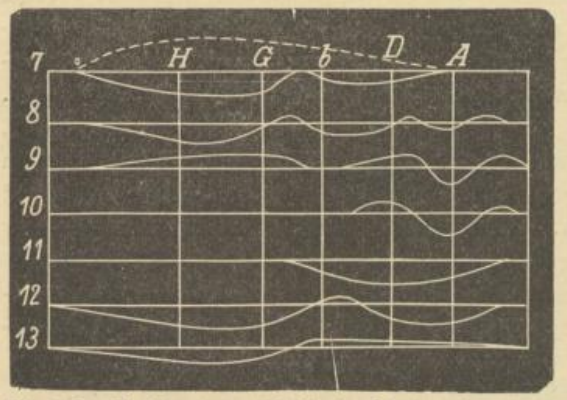


Fig. 165. Die Kurven unterhalb der Horizontalen zeigen die umkehrende Wirkung (positives Bild); die oberhalb die gewöhnliche Wirkung (negatives Bild).

Gewöhnliche Bromsilberkollodium- oder Gelatineemulsion mit Pyro- oder Eisenoxalatentwicklung gibt ein normales Bild bis *A* (punktierte Kurve 7). Wird aber eine Bromsilberkollodiumplatte zuvor dem Tageslichte kurze Zeit ausgesetzt, dann in einer fünfprozentigen angesäuerten Bromkaliumlösung dem Spektrum exponiert, so erfolgt energische Umkehrung (4), welche nicht unähnlich jener ist, welche Jodsilber unter Bromkalium zeigt (2); unter alkalischer Bromkaliumlösung zeigt das Spektrum drei Maxima der Wirkung (8), wovon das eine im Rot gelegene, analog der Oxydationskurve 9 und 10 ist. — In Kaliumhypermanganat tritt neben einem normalen Bild im Blau eine Umkehrung im Rot und Infrarot auf (9); dieselbe Umkehrung zeigt sich in Kaliumbichromat (10). — Auch auf zuvor belichteten Bromsilbergelatineplatten bewirken die weniger brechbaren Strahlen die Umkehruug (11). Die Wirkung von Mineralsäuren auf vorbelichtetes Bromsilber im Spektrum zeigt 12 (ziemlich ähnlich dem Effekt bei Jodsilber).

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

In 13 ist endlich das Phänomen, welches durch Überexposition von Bromsilber (unter den gewöhnlichen Verhältnissen) erhalten wird; es tritt hierbei nur die Umkehrung im Blau, nicht aber im Rot auf.

Bromkollodiumplatten in Benzin, wässerigem Kaliumnitrit, Pyrogallol- oder Natriumsulfitlösungen geben keine Umkehrung. Bei Bromsilbergelatineplatten wirken diese Substanzen (mit Ausnahme von Benzin) ebenso. — In Ozon erscheint die Wirkung ähnlich wie bei 12, sowohl bei Bromsilber als bei Jodsilber.

Über die sog. fortsetzende Wirkung der gelben und roten Strahlen des Spektrums nach Becquerel siehe Photographische Anfangswirkung, S. 313.

Abney hat die Solarisation als Oxydationsphänomen aufgefaßt und die Behinderung der Solarisation auf die reduzierende Wirkung von Zusätzen zurückgeführt. Lüppo-Cramer[1]) bemerkt mit Recht, daß es sich hier offenbar um die halogenabsorbierende Wirkung (nicht aber um die sauerstoffbindende) von Substanzen handelt.

Die Adsorption von Brom durch Bromsilber (s. S. 247) wird auch zur Erklärung der Solarisationserscheinung herangezogen, weil das durch lange Belichtung aus dem Bromsilber abgespaltene Brom der Entwicklungsfähigkeit entgegenwirkt[2]).

Die Solarisationserscheinungen in der Spektrumphotographie studierte Eder und wir geben das betreffende Kapitel (aus Eder und Valenta, „Beiträge zur Photochemie und Spektralanalyse") im nachstehenden wieder:

Bei normalen Belichtungen entsteht, entsprechend dem gewöhnlichen photographischen Negativprozesse, beim Photographieren des Sonnenspektrums ein normales Negativ.

Setzt man Bromsilbergelatineplatten bei sehr verlängerter Belichtungszeit der Einwirkung des Sonnenspektrums aus, so erfolgt deutliche Schwärzung (Grauviolettfärbung) der Bildschicht[3]) zuerst im blauvioletten und ultravioletten Bezirke des Spektrums, entsprechend der Maximalempfindlichkeit der Bromsilbergelatine, und dann schreitet die Schwärzung mit steigender Belichtungszeit allmählich gegen Grün, sehr langsam gegen Gelb und noch viel später gegen Rot vor. Entwickelt man solche Platten mit gewöhnlichen photographischen Entwicklern, zum Beispiel alkalischem Metol- oder Pyrogallolentwickler oder dergleichen, so entsteht ein Diapositiv (Umkehrung des Negativs in ein Positiv), aber nur an den Stellen der Maximalempfindlichkeit, während an den Stellen des Spektrums, die an und für sich geringe chemische Wirksamkeit auf

1) Lüppo-Cramer, Photographische Probleme, 1907, S. 139.

2) Lüppo-Cramer, Photographische Probleme, 1907, S. 138. — Lüppo-Cramer, Kolloidchemie und Photographie, Dresden 1908, S. 106.

3) Vgl. Eders „Ausführliches Handbuch der Photographie", I. Bd., 3. Aufl. I. Teil, 1. Hälfte, S. 241 und III. Bd., 5. Aufl., S. 141 (1902).

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Bromsilber äußern, noch ein (wenn auch stark verschleiertes) Negativ vorhanden ist.

Diese Erscheinungen sind oftmals studiert worden[1]), bieten aber noch vielerlei Neues. Läßt man während des Belichtens diffuses Licht auf die Platte wirken, oder wendet man kräftige Vor- oder Nachbelichtung an, oder läßt man weißes Licht auf die Platte während der Entwicklung fallen[2]), so treten Variationen dieses Phänomens ein; durch Beimengung gewisser Substanzen zur Bromsilbergelatine (z. B. Kaliumnitrit nach Abney und Lüppo-Cramer, von Sulfiten nach Abney und Precht) lassen sich die Solarisationsphänomene hemmen, durch gewisse Variationen im Entwickler (s. vorhergehende Mitteilung) beschleunigen oder zurückdrängen; durch Oxydationsmittel (Bromwasser, Chromsäure, Persulfat) läßt sich das Solarisationsphänomen wegätzen, so daß die Bromsilbergelatine dann beim Entwickeln ein normales Negativ liefert, falls nicht die Überbelichtung ganz enorm weit getrieben wurde.

Es sollen hier nur die Solarisationsphänomene im Sonnenspektrum beschrieben werden, welche bei tunlichstem Ausschlusse von diffusem Lichte vor sich gehen und durch gewöhnliche chemische Entwicklung zum Erscheinen zu bringen sind. Diese Erscheinungen sind in ihrer charakteristischen Folge in Tafel X abgebildet (Faksimile der entwickelten und fixierten Originalaufnahmen).

Tafel X, Spektrum 1 zeigt die Wirkung des prismatischen Sonnenspektrums (Glasprisma) bei normaler Belichtung.

Bei ungefähr 9000facher Überbelichtung (Spektrum 2) tritt beim Entwickeln (mit Metol-Soda) Solarisation der Bromsilbergelatineplatte in jenen Bezirken des Spektrums auf, welche im normalen Negativprozesse die Maximalwirkung äußern und wo auch die direkte Schwärzung der Bromsilbergelatine zuerst beginnt. Ungefähr analog dem Vorrücken des normalen Negativs bei verlängerter Belichtung nach beiden Seiten des Spektrums macht sich ein Vorrücken der Solarisationserscheinung bei 27000 bis 135000facher Überbelichtung bemerklich. Es läßt sich leicht konstatieren, daß das Bromsilber bei so enormen Belichtungen

1) Vgl. Eders „Ausführliches Handbuch der Photographie", I. und III. Bd.

2) Die Solarisation von photographischen Jodsilber-Kollodium-, sowie Bromsilbergelatineplatten, sei es mit physikalischer oder chemischer Entwicklung, erfolgt mehr oder weniger vollständig, wenn während der Entwicklung schwaches aktinisches Licht einfällt. Perley fand bei Bromsilbergelatine besonders Nebenbelichtung mit blaugrünem Licht wirksam bei Verwendung sehr verdünnten Entwicklers. Tränkt man Bromsilbergelatineplatten mit Thiokarbamid, belichtet und entwickelt normal, so erfolgt eine der Solarisation ähnliche Bildumkehrung, analog der von Waterhouse bereits früher beschriebenen Bildumkehrung durch Zusatz von Thiokarbamid zum Entwickler selbst (Perley, Bull. Soc. franç. 1911, S. 175).

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

deutliche Schwärzungserscheinungen schon vor dem Entwickeln zeigt und zwar ziemlich genau in jenen Bezirken, welche beim Entwickeln mit Metol-Soda (ohne Bromkalium) solarisieren. Beide Phänomene (Schwärzung und Solarisation) scheinen in manchen Fällen parallel zu laufen, und bei gewöhnlichen Trockenplatten eilt die direkte Schwärzung in der Regel etwas dem Solarisationsphänomen (selbst bei Anwendung starker Metol-Soda-Entwickler) voraus[1]).

Untersucht man Bromsilbergelatineplatten, welche mit Farbstoffen sensibilisiert sind, auf ihr Verhalten gegen Schwärzung und Solarisation im Spektrum, so ergeben sich bemerkenswerte Unterschiede[2]). Eine mit Orthochrom *T* oder auch mit Äthylrot sensibilisierte Bromsilbergelatine-Trockenplatte liefert bei kurzer Belichtung ein normales Spektrumnegativ.

Bei sehr starker Überbelichtung ergibt sich ein Solarisationsphänomen, welches sich ziemlich gut (aber nicht ganz) dem normalen Negative anschließt. Bemerkenswert ist der Umstand, daß Orthochromplatten häufig im Sonnenspektrum eine Schwärzung viel früher annehmen, als das Solarisationsphänomen auftritt; es gibt also Fälle, wo bei derartigen Platten die Schwärzung dem Solarisationsphänomen vorauseilt.

Bei Erythrosin- und Eosinplatten (in der Substanz gefärbte Emulsionen) entstehen bekanntlich zwei getrennte Sensibilisierungsmaxima im normalen Negative (s. Tafel X); genau in denselben Spektralbezirken beginnen die Solarisationserscheinungen (Tafel X) und schreiten bei verlängerter Belichtung (Spektrum 4) vor, so daß das normale Negativ bei kurzer Belichtung an denselben Stellen des Spektrums eine normale Lichtwirkung zeigt, wo bei starker Überbelichtung später das Solarisationsphänomen bei 7000- und 15000facher Belichtungszeit erscheint; bei diesen Platten begleitet wieder die direkte Schwärzung der Erythrosinplatten ziemlich genau die Solarisationserscheinung. Behandelt man aber solche 15000fach überbelichtete Spektrumphotographien vor dem Entwickeln mit einem Gemisch von Chromsäure und Salpetersäure usw.,

---

1) In der Regel gibt jene Platte, welche sich am raschesten direkt schwärzt, die größten Solarisationserscheinungen. Dies ist aber keineswegs allgemein gültig. Langer-Platten (Wien) zeigen besonders schöne Solarisationsphänomene, obschon sie sich nicht am raschesten im Lichte dunkel färben; manchmal eilt die Solarisation der Schwärzung voraus, obschon es in der Regel (bei weißem Lichte) umgekehrt ist. Gewisse Rapidplatten des Handels haben einen viel kleineren Schwellenwert als gewöhnliche Schleußner-Platten und zeigen doch dieselbe Solarisationsgrenze unter sonst gleichen Umständen. Es läuft also in manchen Fällen weder die Fähigkeit einer Trockenplatte, sich im Lichte direkt zu schwärzen, mit dem Schwellenwerte bei der Entstehung des normalen Negativs parallel, noch ist der Schwellenwert proportional der Fähigkeit des Bromsilbers zu solarisieren.

2) Vgl. Eders vorläufige Mitteilung am Berliner Kongreß für angewandte Chemie. Mitgeteilt in der Photogr. Korresp. 1903, S. 458.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

so lassen sie sich sowohl im grünen wie im blauvioletten Bezirke normal entwickeln.

Sensibilisiert man Bromsilbergelatine mit Cyanin[1]), Cyclamin[2]) oder Chinolinrot, so tritt bei normaler Belichtung im Orangegelb bis Gelbgrün ein Sensibilisierungsmaximum ein, nebst der Eigenempfindlichkeit des Bromsilbers im Blau, Violett und Ultraviolett; das Bild ist überall ein normales Negativ. Bei 200000facher Überbelichtung tritt in diesen Bezirken, im Orangegelb, sowie Blauviolett, kräftige Solarisation (mit Metol-Soda-Entwickler) ein; jedoch ist das Phänomen sehr von der Konzentration des zur Sensibilisierung dienenden Farbstoffbades abhängig[3]); an diesen Stellen tritt (vor der Entwicklung) auch die mehrfach erwähnte direkte Schwärzung ein und man könnte glauben, Solarisation und Schwärzung stehen im ursächlichen Zusammenhange.

Bei diesen Cyclamin-, Chinolinrot-, Cyaninplatten oder den sich ähnlich verhaltenden Alizarinblaubisulfit-[4]) und Formylviolettplatten[5]) tritt aber eine sehr starke Solarisationserscheinung im äußersten Rot

---

1) Wird eine mit sehr schwacher Cyaninlösung nach Debenham (III. Teil, S. 96) sensibilisierte Bromsilbergelatineplatte dem Sonnenspektrum ausgesetzt, so entsteht ein normales Negativ von Ultraviolett bis ins Rot über die Fraunhofersche Linie *C* gegen *B* (Maximum zwischen *C* und *D*); bei starker Überexposition tritt zuerst direkte Schwärzung im Blauviolett, viel später im Orange und nicht im äußersten Rot ein; die Solarisation erfolgt zuerst im Blauviolett, dann im äußersten Rot und viel später im Orange. Ist die Lösung des Cyanins konzentrierter, so tritt die direkte Schwärzung im Orange viel besser auf, ebenso die Solarisation im äußersten Rot (z. B. Übergießen der Platten mit alkalischer Cyaninlösung 1:500, Trocknen, Baden in Wasser während 2 Minuten und Exponieren im nassen Zustande). Wahrscheinlich wird, wie Nutting angibt (Eders Jahrb. f. Phot. 1903, S. 412), beim Belichten rasch das Cyanin zerstört und verliert sein Absorptionsband.

2) Badeplatten von 3 ccm Cyclaminlösung (1:500), 100 ccm Wasser und 1 ccm Ammoniak. Die direkte Schwärzung im Blauviolett, sowie an der Stelle des Sensibilisierungsbandes im Gelb läuft ungefähr parallel dem Solarisationsphänomen. Im Orangerot bleibt sehr lange das normale Negativ bestehen und im äußersten Rot und Infrarot tritt deutliche Solarisation auf; ähnlich verhält sich Chinolinrot.

3) Vgl. Eders Jahrb. f. Phot. 1903, S. 287.

4) Alizarinblaubisulfitplatten nach Eberhard: 5 ccm Alizarinblaubisulfitlösung (1:500), 100 ccm Wasser, 9 Tropfen Silbernitratlösung (1:50) und 1 bis 2 ccm Ammoniak; Badedauer: 3 Minuten. Im Blauviolett tritt bei starker Überexposition zuerst direkte Schwärzung auf, viel später im Orange. Die Solarisation läuft hier nicht parallel dem Entstehen des normalen Negativs im Spektrum. Es tritt im Sensibilisierungsmaximum (das ist im normalen Negative) im Rot bei *A* äußerst schwer direkte Schwärzung und Solarisation ein, dagegen erscheint direkte Schwärzung und Solarisation im Orange ziemlich leicht, das ist an einer Stelle, wo im normalen Negative ein Minimum auftritt. Das Phänomen ändert sich mit der Farbstoffkonzentration.

5) Als Farbbad diente: 2 ccm Formylviolett, 1 ccm Ammoniak und 100 ccm Wasser. Bei Formylviolettplatten laufen direkte Schwärzung und Solarisation ziemlich parallel.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

und Infrarot ein, welche in ähnlichen Fällen schon von anderen Forschern beobachtet worden war; in diesem roten Bezirke geht aber der Solarisation keineswegs eine direkte Schwärzung voraus, sondern es ist nicht einmal schwache Graufärbung zu bemerken. Spektrum 11, Tafel XIX, zeigt dieses Phänomen (Faksimile der entwickelten und fixierten Originalplatte) und beweist den merkwürdigen Fall, daß auf ein und derselben Platte Solarisationsphänomene auftreten können, welchen direkte Schwärzung parallel läuft, während in anderen Spektralbezirken Solarisation unabhängig von der Schwärzung auftritt.

Vergleicht man damit Eders Beobachtung, daß Chromsäure das solarisierte Bild wegbeizt, nicht aber die Schwärzung des Bromsilbers beseitigt, sowie die analogen gründlichen Experimente Lüppo-Cramers[1]), so ergibt sich mit Wahrscheinlichkeit, daß das Solarisationsphänomen auf Bromsilber wohl häufig von direkten Schwärzungserscheinungen begleitet ist, ohne daß aber Schwärzung und Solarisation in ursächlichem Zusammenhange stehen.

IX. Fortsetzende und erregende Strahlen des Spektrums.

Wird eine Daguerreotypplatte, nasse Kollodium- oder trockene Gelatineplatte nach einer kurzen Exposition in der Kamera durch einige Sekunden über die ganze Fläche hin dem schwachen zerstreuten Lichte ausgesetzt, so kann diese Anfangswirkung mitunter eine Abkürzung der Belichtungszeit bewirken[2]). War die Belichtung in der Kamera so kurz gewählt, daß sich beim Entwickeln ein unvollkommenes Bild gezeigt hätte, so wird durch die hinterherige allgemeine Belichtung die erste Wirkung des Lichtes gewissermaßen fortgesetzt, so daß nunmehr ein wesentlich besseres oder vollkommeneres Bild entsteht.

Diese Wirkung beobachtete man schon vor 40 Jahren bei Daguerreotypplatten. Becquerel schrieb diese fortsetzende Wirkung besonders den roten und gelben Strahlen zu und nannte dieselben deshalb fortsetzende Strahlen (rayons continuateurs), während er den grünen, blauen und violetten die Eigenschaft, die Einwirkung zu beginnen, zuschrieb und sie deshalb erregende Strahlen (rayons excitateurs) nannte. Diese Ansicht wurde aber als unrichtig erkannt und Moser war einer der Ersten, welcher erkannte, daß alle Strahlen die Wirkung beginnen und vollenden können, ja später stellte es sich heraus, daß in der Praxis gerade die abgedämpften Strahlen vom violetten Ende des Spektrums sich als die wirksameren erweisen.

---

1) Photogr. Korresp. 1901 ff.

2) Selbstverständlich tritt bei einer stärkeren Nachbelichtung Schleierbildung beim Entwickeln ein.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Über die Wirkung der rayons excitateurs et continuateurs von Edm. Becquerel beim Zustandekommen photographischer Bilder stellte Lüppo-Cramer neue Untersuchungen an („Phot. Korresp." 1909, S. 269). Aus den Zeiten der Daguerreotypie war bekannt, daß man das latente Bild auf Jodsilber dadurch „entwickeln" kann, daß man dasselbe unter rotem oder gelbem Glase nachbelichtet. Lüppo-Cramer bestätigte diesen sehr wenig bekannten Befund durch Untersuchungen an Jodsilbergelatine. Das Becquerelsche Phänomen, daß die längerwelligen Strahlen das latente Bild der kurzwelligen in die Erscheinung rufen, beruht darauf, wie schon H. W. Vogel, Zenker und andere erkannten, daß durch die erste Belichtung eine gegen Rot und Gelb empfindliche Substanz gebildet wird, die dann eben unter den Filtern weiter verändert wird, während die vorher unbelichteten Stellen intakt bleiben. Lüppo-Cramer zeigt nun weiter, daß auch die Röntgenstrahlen auf Bromsilber eine Action excitatrice im Sinne Becquerels ausüben, daß diese indessen nur bei feinkörnigen Diapositivplatten als „fortsetzend" auftritt. In einer weiteren Abhandlung („Phot. Korresp." 1909, S. 339) wird dann gezeigt, daß sich das von Röntgenstrahlen und verwandten Energien veränderte gereifte Bromsilber der hochempfindlichen Trockenplatte ganz analog verhält, nur daß hier die optische Sensibilisierung durch die gebildeten Silberkeime erst im Gebiete der Solarisation in die Erscheinung tritt. Die rayons destructeurs und die rayons continuateurs Becquerels sind also weitgehend identisch; stets handelt es sich um eine optische Sensibilisierung durch die rayons excitateurs, die Photohaloid bilden. Die optische Sensibilisierung des Bromsilbers durch Röntgenstrahlen im Gebiete der Solarisation ist zuerst von Villard beobachtet und eingehend beschrieben worden. Lüppo-Cramer bestätigt diese Versuche und bringt Spektralaufnahmen, die jenes Phänomen illustrieren. Bei analoger kurzer Vorbestrahlung mit gewöhnlichem Lichte konnte derselbe Autor keine optische Sensibilisierung, d. h. keinen sogen. Herschel-Effekt auf Trockenplatten erhalten. (Eders Jahrbuch f. Phot. 1910, Seite 405.)

In der photographischen Praxis hat man wiederholt vorgeschlagen, eine Platte in der Kamera kürzer zu exponieren, als unter gewöhnlichen Umständen nötig ist, und dann durch kurze Zeit dem zerstreuten Licht auszusetzen. Diesen Vorgang nennt man Nachbelichtung.

Einen ähnlichen Effekt erzielt man, wenn man die Platte zuerst dem schwachen zerstreuten Lichte aussetzt und dann erst in der Kamera exponiert (Vorbelichtung) oder wenn man auf die Platte während der Exposition in der Kamera zerstreutes Licht fallen läßt (Nebenbelichtung, Extrabelichtung). [Über Nebenbelichtung beim Entwickeln s. S. 310.]

In allen drei Fällen wird eine mäßige Abkürzung der Hauptexposition erzielt, namentlich bei der Daguerreotypie und dem nassen Kollodiumverfahren; freilich häufig auf Kosten der Qualität des Bildes. Für die Praxis der modernen Trockenplattenphotographie mit Bromsilbergelatine sind diese Verfahren wertlos.

Schon Schultz-Sellack erklärte 1871 die „fortsetzende" Wirkung des Lichtes auf ein schwaches Bild nicht als eigentümliche Erscheinung, sondern als eine Folge der notwendigen Anfangswirkung.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Zur Zeit des nassen Kollodiumverfahrens befaßte man sich viel mit Versuchen der Hilfsbelichtung (Vor-, Nach- und Nebenbelichtung) von Jodbromsilberkollodiumplatten mit physikalischer Entwicklung, weil in der Tat einiger Effekt zur Abkürzung der Belichtungszeit mitunter erreichbar war. Insbesondere empfahl Bazin[1]) die Nachbelichtung mit rotem Licht in der Kamera selbst während, vor oder nach der Exposition; ebenso Carey Lea[2]); Newton benutzte grünes Glas[3]); Krüger vorgehaltenes blaues oder grünes Papier[4]).

Im Jahre 1877 tauchte die Nachbelichtung durch violettes Licht auf (Scotellari[5]).

Gillard empfahl diese farbigen Blenden nicht nur wegen der Abkürzung der Exposition, sondern wegen des hübschen Mezzotinto-Effektes[6]).

Sehr häufig wurde auch bei Kollodiumplatten die Vor- oder Nachbelichtung bei weißem Lichte versucht. (Werge[7]), Haugk[8]), Melchion[9]), Foxlee[10]), Richard.[11])

Wyler zog vor, die Vor- oder Nachbelichtung bei Kerzenlicht in der Dunkelkammer vorzunehmen, wegen der leichteren Kontrolle der Belichtung gegenüber dem Vorbelichten in der Kamera. Er exponierte die nasse Platte 10 Sekunden lang dem Kerzenlichte[12]). Chapman setzte bei astronomischen Aufnahmen die Platte vor dem Entwickeln kurze Zeit dem Lampenlichte aus, was auch Worthley empfahl[13]).

Bei unterexponierten nassen Kollodiumplatten fand Prümm eine Nachbelichtung in der Weise am besten durchführbar, daß er auf die Platte das Licht der Laterne der Dunkelkammer durch gelbe Scheiben fallen ließ[14]).

Für die Praxis zog Quidde die Nachbelichtung der Vorbelichtung vor[15]).

An diesem Orte ist auch der 1850 und 1851 gemachte Vorschlag, weiße Kameras zum Photographieren zu verwenden, anzuführen. Die Idee dazu ging von Löscherer in München aus, welcher mit einer Kamera arbeitete, die im Innern nicht geschwärzt, sondern weiß austapeziert war; er behauptete, die Lichtwirkung werde dadurch bedeutend unterstützt. Unmittelbar nach dem Bekanntwerden dieser Angabe gab Blanquard-Evrard[16]) an, er erhalte Bilder in kurzer Zeit, wenn das Innere der Camera obscura, ganz im Gegensatze zu der gebräuchlichen Weise, mit

---

1) Phot. Archiv 1871, S. 279. Phot. Mitt. Bd. 7, S. 214 und 241. Fortschr. Physik 1870, S. 404.

2) Phot. Archiv 1871, S. 6.

3) Bull. Soc. franç. 1873, S. 118.

4) Phot. Lorresp. 1877, Bd. 10, S. 42.

5) Phot. Archiv 1877, S. 181; 1878, S. 74.

6) Phot. Year-Book 1878, S. 121.

7) Bull. Soc. franç. Phot. 1875, S. 317.

8) Phot. Korresp. 1873, Bd. 10, S. 42.

9) Phot. Archiv 1874, S. 31.

10) Phot. Archiv 1874, S. 204 aus Brit. Journ.

11) Phot. Archiv 1878, S. 26.

12) Bull. Soc. franç. 1875, S. 143.

13) Phot. Mitt. 1874, Bd. 11, S. 231.

14) Phot. Archiv 1877, S. 241.

15) Phot. Archiv 1872, S. 57.

16) Comptes rendus 1851, Bd. 31, S. 864. Dingler, Polytechn. Journ. Bd. 119, Seite 201.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

weißem Papier beklebt sei, was von Kilburn[1]) bestätigt, aber von Claudet[2]) geleugnet oder wenigstens auf solche Fälle beschränkt wurde, wo das äußere Licht nicht zur Herstellung eines kräftigen Bildes ausreicht. Trotzdem kam Blair zwanzig Jahre später nochmals darauf zurück[3]), gab aber die weiße Kamera bald selbst wieder auf und griff zu der Vorbelichtung mit rotem Licht zurück.

Günther in Hannover brachte 1855 eine Modifikation an, indem er eine innen blaulila gefärbte Camera verwendete[4]).

Einige Photographen, z B. Belloc, erzielten in der Tat mit solchen Apparaten eine Abkürzung der Exposition bei nassen Kollodiumplatten. Allein dennoch wurde in der dadurch angeregten Debatte, an der sich in Deutschland namentlich Horn[5]) beteiligte, hervorgehoben, daß die Abkürzung der Exposition auf Kosten der Schönheit des Bildes gehe, indem die Negative flau werden.

Carey Lea verwarf sowohl eine weiße als rote Anstrichmasse im Innern der Kamera. Speziell bei starkem Lichte (Landschaftsaufnahmen) würde das grelle Himmelslicht das ganze Bild verderben und Schleier und Flauheit mit sich bringen[6]).

De Constant, welcher 1870 die Sache nochmals prüfte, fand, daß eine ganz weiße Kamera dem Bilde Flauheit, wenig Relief und ein verworrenes Aussehen gibt, als wenn man das Gesicht mit dem Wischer verarbeitet hätte[7]).

Vor- und Nachbelichtung bei Bromsilbergelatineplatten.

Nicht nur bei nassen Kollodiumplatten, sondern auch bei Bromsilbergelatineplatten mit Entwicklung läßt sich bei genügender Vorsicht ein Effekt der Hilfsbelichtung nachweisen.

Es ist vielleicht nicht überflüssig zu bemerken, daß bei der bedeutenden Lichtempfindlichkeit der Bromsilbergelatine das richtige Ausmaß der Nachbelichtung noch schwieriger zu treffen ist als bei nassen Kollodiumplatten, und Verschleierung noch schwerer als bei letzteren zu vermeiden ist.

Bei extra rapiden Bromsilberplatten ist die Zeitdauer der Anfangswirkung so enorm kurz, daß schon sehr schwache Lichteindrücke ein entwicklungsfähiges Bild erzeugen und selbst ein kleines Maß der Vorbelichtung schon allgemeine Reduktion (Verschleierung) bewirkt. Dagegen zeigt sich bei wenig empfindlichen, schleierlos arbeitenden Platten ein nachweisbarer Effekt der Hilfsbelichtung[8]).

Das Kerzenlicht kann nur in sehr großem Abstande oder sehr geschwächt zur Hilfsbelichtung verwendet werden[9]). Besser wirkt nach Eder eine Kerzenflamme

---

1) Athenaeum 1851, S. 170.

2) Ibib S. 141, 410.

3) Phot. Archiv 1870, S. 186.

4) Dingler, Polytechn. Journ. Bd. 135, S. 372.

5) Horn, Phot. Journ. 1855, Bd. 3, S. 52.

6) Phot. Mitt. 1870, Bd. 7. S. 241, aus Philad. Photogr.

7) Phot. Archiv 1870, S. 185.

8) Prümm, Photogr. Mitt. 1880, Bd. 17, S. 187. — Nach Dr. Stolze kann auch das von der Rückseite der Bromsilbergelatineplatten reflektierte diffuse weiße Licht die Belichtungszeit abkürzen; man kann z. B. eine weiß hinterlegte Gelatineplatte kürzer exponieren, als eine schwarz hinterlegte oder mit roten Aurinkollodium hintergossene Platte (Phot. Wochenblatt 1882, S. 218).

9) Burton experimentierte mit dem indirekten Lichte einer Kerze im Abstande eines langen Zimmers (Brit. Journ. of Phot. 1882, S. 330. Phot. Wochenbl.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

durch rotes Glas hindurch; z. B. gab eine unempfindliche Bromsilbergelatineplatte von 15 Grad Warnerke, welche in unmittelbarer Nähe einer roten Lampe (Kerzenflamme) durch 2 bis 6 Minuten vorbelichtet war, 19 bis 20 Grad des Warnerke-Sensitometers, was einer ungefähr dreimaligen Steigerung der Lichtempfindlichkeit gleichkommt.

E. Himly in Berlin ließ einen „Hilfsbelichter", welcher zerstreutes Licht in die photographische Kamera einführt, patentieren (Deutsches Reichspatent Nr. 38684 vom 6. Aug. 1886; vgl. ferner Eders Jahrb. f. Photogr. für 1889, S. 87).

Die Vorbelichtung ist bei der hohen Empfindlichkeit der Bromsilbergelatine teils überflüssig, teils gefährlich anzuwenden und deshalb von ihrer Verwendung in der Praxis abzuraten.

Die Hilfsbelichtung im Positivprozeß.

Ein Stück gesilbertes Papier, welches im Kopierrahmen 2 bis 3 Sekunden dem Lichte exponiert wird, färbt sich kaum sichtbar. Unter einem gelben Glas aber weiter belichtet, wird der zuvor belichtete Teil im Lichte immer dunkler und dunkler, während ein nicht vorbelichteter Teil unter dem gelben Glase weiß bleibt. Man benutzt diese Erscheinung, sowie überhaupt das Kopieren auf Chlorsilberpapier hinter gelben und grünen Gläsern, um kontrastreichere Kopien nach dünnen Negativen zu erhalten.

Dieser Vorgang erklärt sich aus der Bildung von Silberchlorür (Photochlorid), welches für die gelben und roten Strahlen viel empfindlicher ist als das weiße Silberchlorid (s. oben).

Die fortsetzende Wirkung des gelben oder grünen Lichtes auf gewöhnliches Chlorsilberpapier, welches Herschel 1840 fand, äußert sich sehr auffallend, wenn man Auskopier-Chlorsilberpapier (Zelloidinpapier) unter einem Skalenphotometer kurz ankopiert, dann herausnimmt und unter einer Gelbscheibe im diffusen Tageslicht nachbelichtet. Die Lichtwirkung schreitet, gleichsam wie in einem Entwickler, weiter vor. Ähnlich verhält sich Bromsilber (Becquerel, Villard, Lüppo-Cramer[1]).

De Silva wollte auch gesilbertes Albuminpapier durch kurzes Vorbelichten nicht nur empfindlicher machen, sondern auch bewirken, daß von harten Negativen mehr Details kopieren[2]).

Liesegang fand, daß mitunter auch beim Pigmentpapier eine kurze Vorbelichtung (diffuses Licht) vorteilhaft sei, namentlich beim Kopieren solcher Negative, in denen sehr helle Lichter vorkommen. Die Dauer der Lichtwirkung muß aber eine kurze sein, sonst würde leicht eine Verschleierung des Bildes möglich sein[3]).

Wenn man Chromatgelatine durch andere Mittel als Lichtwirkung in sehr geringem Grade unlöslich oder richtiger gesagt schwerer löslich macht, so läßt sich ebenfalls eine Steigerung der Empfindlichkeit konstatieren. Schon 1878 stellte der Verfasser fest[4]), daß solche Chromatgelatine, welche infolge des Einflusses gewisser Agentien in das erste Stadium der Unlöslichkeit (Schwerlöslichkeit) tritt, im Lichte viel rascher unlöslich wird als ganz unveränderte. Deshalb ist chromiertes Pigment-

---

1882, S. 219); ähnlich ging Debenham vor (Brit. Journ. 1882, S. 343. Phot. Wochenbl. 1882, S. 221).

1) Phot. Korresp. 1909, S. 580.

2) Bull. Soc. franç. 1878, S. 201, aus Anthonys Bull. Phot.

3) Phot. Archiv 1875, S. 17.

4) Eder, Reaktion der Chromsäure und Chromate auf Gelatine usw. S. 26.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

papier drei Tage nach der Präparation empfindlicher als unmittelbar nach dem Trocknen; Ähnliches erreicht man durch Zusatz von ein wenig Chromalaun. Auch umgekehrt kann man vorgehen; man kann ein chromiertes Pigmentpapier belichten, dann etwa 12 Stunden im Finstern liegen lassen und dann erst entwickeln. Dadurch gewinnt das Bild bedeutend an Kraft und Details — ein analoger Prozeß der Nachbelichtung.

Vielleicht gehört auch die von Niepce 1854 publizierte Beobachtung hierher, daß Asphalt weit lichtempfindlicher wird, wenn man ihn fein pulverisiert, in dünnen Lagen mehrere Tage der Einwirkung des Sonnenlichtes aussetzt und dann erst zu heliographischem Firnis löst. Auch an fertigem Finis beobachtete er diese günstige Wirkung der Vorbelichtung; setzte er diesen 3 bis 4 Stunden der Luft und dem Lichte aus, so erzielte er die doppelte oder dreifache Empfindlichkeit gegen früher. Zuviel des Guten war auch hier schädlich, d. h. zu lange Vorbelichtung führte zur Verschleierung.

Nachtrag. Eine neuere Arbeit Sichlings über die Natur des Photochlorids des Silbers und deren Lichtpotentiale zeigt, daß die Photochloride einphasige Systeme, feste Lösungen zwischen Chlorsilber und amorphem Silber, sind. Kolloides Silber und Chlorsilber besitzen ununterbrochene Mischbarkeit. Beim Belichten mit weißem, violettem bis gelbem Licht treten im Photochlorid elektrische Potentialänderungen in positiver Richtung auf; rotes Licht erzeugt Negativisierung, also antagonistische Wirkung gegenüber der Wirkung des Violetts. Bei Dauerbelichtung tritt Ermüdung, beim Abklingen im Dunkeln vorübergehende Negativisierung ein. — E. Bauer bemerkt hierzu, daß die Photochloride um so positiver sind, je weniger Silber sie enthalten, somit die geringste Reduktion des Chlorsilbers die entwickelbarste sei, und silberreiche sich träger entwickeln. Die Tatsache wurde zur Erklärung der verschiedenen Arten der Solarisation herangezogen (Zeitschr. f. phys. Chem. 1911, Bd. 77, S. 1 und 58).

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

ZWÖLFTES KAPITEL.

VERHALTEN VON VERSCHIEDENEN LICHTEMPFINDLICHEN UNORGANISCHEN VERBINDUNGEN GEGEN FARBIGES LICHT.

Im 1. Band, 2. Abteilung (Photochemie) haben wir eine große Anzahl von chemischen Lichtreaktionen beschrieben und mehrfach auf das Verhalten verschiedenfarbigen Lichtes hingewiesen. Es sollen hier einige andere besonders bemerkenswerte Beobachtungen in dieser Richtung mitgeteilt werden.

a) Das Verhalten einiger anderer photographisch wichtiger Verbindungen im Spektrum.

Chromate. Auf Papier, welches mit Kaliumbichromatlösung getränkt und getrocknet ist, erreicht nach Becquerel[1]) die Bräunung im Spektrum ihr Maximum im Beginn des Blau in der Nähe der Linie *F* etwas mehr gegen das Violett zu. Die Wirkung scheint ganz aufzuhören am Ende des Grün in der Nähe der Linien *b* und *E*; durch die violetten und ultravioletten Strahlen erfolgt gleichfalls die Zersetzung, bei *M* wird aber die Wirkung fast unmerklich. Bei fortgesetzter Belichtung sieht man sogar die Spektrallinien gelb auf braunem Grunde; bei Behandlung mit verdünnter Jodtinktur treten die Linien blau auf hellem Grunde hervor.

Eder untersuchte Papier, das mit Gelatine und Kaliumbichromat überzogen war, im Sonnenspektrum und fand die in Fig. 160, Kurve 3 dargestellte Wirkung. Das Maximum der Wirkung liegt im Blau, sie erstreckt sich ins Grün, wird aber im Ultraviolett schwach.

Bei Gemischen von Kaliumbichromat mit Leim, Gummi, Eiweiß usw., wie sie zu photomechanischen Prozessen verwendet werden,

1) Becquerel, La Lumière, Bd. 2, S. 95. Vgl. auch Abney, Phot News 1882, S. 300.

SLUB Wir führen Wissen.
gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

wirken Farbstoffe nicht sensibilisierend (Unterschied von Silberpapieren).

Kaliumbichromatschichten (Pigmentpapier, Gummidruckpapier) sind vom ultravioletten Licht viel weniger abhängig als Chlorsilberpapier; deshalb ist bei trübem Wetter ersteres relativ empfindlicher. Ähnliches gilt von Platinpapier und anderen Kopierpapieren mit Eisensalzen.

Auf ein zuerst mit Kupfervitriollösung (1:8), dann mit Kaliumbichromatlösung getränktes und getrocknetes Papier wirkt das Licht bräunend und zwar nach Herschel[1]) beginnt diese Wirkung in der Nähe des Blau, erstreckt sich über das Violett hinaus, um so viel, als die Breite dieser Strahlen beträgt und allmählich schreitet sie bis ans Ende des Grün, ja bei sehr langer Exposition bis zum Gelb vor; dann beginnt die Bräunung zu verschwinden und auszubleichen. Die Bleichung beginnt am Ende des Violett und schreitet dann allmählich beiderseits vor.

Eisenverbindungen. Auf ein Gemisch von Eisenchlorid und Oxalsäure wirkt nach Marchand[2]) das Spektrum am stärksten im Blau. Die relative Zersetzung ist folgende: Im Roth 5,7, im Orange 9,9, im Gelb 43,1, im Grün 134,1, im Blau 615,8, im Indigo 370,0, im Ultraviolett 52,1.

Das zitronensaure Eisenoxyd-Ammoniak auf Papier aufgetragen wird vom Violett bis ins Blaugrün bei *E* reduziert (Draper). Nach Reynolds[3]) ist die Wirkung des Spektrums auf oxalsaures Eisenoxydpapier ziemlich ähnlich der auf Chlorsilberpapier. (Vgl. auch Abney, Phot. News 1882, S. 300 und Jodin, Ber. d. deutsch. chem. Gesellschaft 1882, S. 1465.) Bei eigenen Versuchen fand der Verfasser, daß Eisenoxalat (Ferrioxalat) auf Papier im Sonnenspektrum am stärksten im Blau reduziert wird; die Wirkung erstreckt sich bis ins Blaugrün bei *F* (s. Kurve 2, Fig. 160).

Ein Gemenge von Ammonium-Ferrizitrat mit Ferrizyankalium wird auf Papier sehr rasch im Blau, Violett und Ultraviolett gebläut; bei fortgesetzter Wirkung zerstören diese Strahlen aber die Farbe wieder, besonders rasch bewirken die blauen Strahlen die Entfärbung (Herschel).

Oxalsaures Manganoxyd, welches gleichfalls zu einem photographischen Kopierprozeß dienen kann (s. Bd. IV dieses Handbuches) ist nach A. und L. Lumière besonders empfindlich im Gelbgrün; das Maximum der Reduktion liegt zwischen den Fraunhoferschen Linien

---

1) Hunts Researches on Light 1854, S. 176.
2) Etude sur la force chimique contenue dans la lumière 1875.
3) Kreutzer, Zeitschr. f. Phot. 1862, S. 186.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

D und *E*. Bei verlängerter Belichtung erstreckt sich die Einwirkung auf den ganzen sichtbaren Teil des Spektrums, so daß die Kurve der photochemischen Zersetzung des oxalsauren Manganoxyds nahe mit derjenigen zusammenfällt, welche der optischen Helligkeit entspricht (s. Kurve 7 Fig. 160).

Den verschiedenartigen Einfluß von rotem und violettem Licht auf gewisse Oxydations- und Reduktionsvorgänge studierte zuerst Chastaing[1]).

Eisen. Eisenoxydulsalze oxydieren sich sowohl im Lichte als in der Wärme besonders rasch. Eisenvitriol oxydiert sich bei der Gegenwart von Luft im roten Lichte stärker als im Dunklen, und die rein chemische Aktion bei Ausschluß von Licht ist größer als die Oxydation bei Gegenwart von violettem Lichte, welches reduzierend wirkt. Chastaing ermittelte die Oxydation von Eisenvitriol nach 1 bis 5 Tagen in verschiedenfarbigem Licht; das gebildete Oxyd wurde titrimetrisch bestimmt. Wenn man die Oxydation im Dunklen = 1 setzt, so ergeben sich folgende Verhältniszahlen:

	a	b	c	d	e
Im Dunklen . .	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Im roten Lichte .	1,48	1,55	1,80	1,25	1,21
Violett	1,148	0,39	—	0,45	0,58
Grün	—	—	0,66	0,90	0,86

Eisenoxydulhydrat ergab keine exakten und ganz verläßlichen Zahlen, aber auch hier zeigte sich die reduzierende Wirkung des Violett gegenüber dem Rot (Chastaing).

Manganoxydulhydrat oxydiert sich im roten Lichte an der Luft am meisten. Im dunklen und im grünen Lichte erfolgt die Oxydation langsamer als im roten Lichte, am langsamsten aber im Violett, welches verzögernd (reduzierend) wirkt. Wenn man die Oxydation im Dunklen = 1 setzt, so ist sie nach Chastaing in verschiedenfarbigem Lichte folgende.

	a	b
Im Dunklen .	1,00	1,00
Im Rot . . .	1,18	1,38
Grün . . .	—	0,98
Violett . . .	0,57	0,57

Metallisches Arsen in verdünnter Kalilauge oxydiert sich an der Luft zu arsenigsaurem Kali. Diese Versuche wurden im Gaslicht

---

1) Annal. de Chim. et de Phys. 1877, S. 145. Eder, Über die chemischen Wirkungen des Lichtes. Wien 1879.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

vorgenommen, welches reich an gelben und roten Strahlen, arm an blauen und violetten ist und daher schärfere Resultate für Rot gibt. Die Oxydation zu arseniger Säure geschah in folgendem Verhältnis:

	a	b	c	d
Im Dunklen .	1,00	1,00	1,00	1,00
Violett . . .	1,00	0,98	0,92	0,93
Rot	1,04	1,06	1,10	1,20
Grün . . .	—	—	1,00	—

Wie bei den Eisensalzen, so wirkt auch hier das Violett reduzierend (d. h. die Oxydation verzögernd). Rot oxydiert, Grün ist indifferent.

Arsenige Säure in verdünnter alkalischer Lösung oxydiert sich zu arsensaurem Salz. Es zeigte sich nach einigen Tagen, daß das Minimum der Oxydation im Violett, das Maximum im Roth stattgefunden hatte; doch waren die Differenzen schwach (Chastaing).

Sehr verdünntes Schwefelwasserstoffwasser. Violettes Licht wirkt kaum anders als gänzlicher Lichtausschluß; rotes Licht zerstört dagegen den Schwefelwasserstoff unter Oxydation am raschesten (Chastaing).

Einfach Schwefelnatrium und mehrfach Schwefelnatrium zeigt eine variable Ausscheidung von Schwefel und Hyposulfit in verschiedenfarbigem Licht. Die Zersetzung ist im Grün, Violett und Dunklen nahezu gleich groß, rotes Licht befördert die Oxydation am meisten. Schwefelige Säure verwandelt sich unter dem Einfluß des violetten Lichtes in Schwefelsäure (also eine Oxydation im Violett, anscheinend ein Widerspruch gegen Chastaings Gesetz). Da diese Reaktion aber im luftleeren Raum und unter Abscheidung von Schwefel erfolgt, so ist offenbar die erste Wirkung des Lichtes eine Reduktion der schwefeligen Säure in Schwefel und Sauerstoff, welcher letztere die schwefelige Säure oxydiert (Chastaing).

M. Trautz untersuchte die verschiedenen Wirkungen farbigen Lichtes auf photochemische Reaktionen. Bereits Chastaing hatte gefunden, daß das Licht unter gewissen Umständen chemische Reaktionen (Oxydationsprozesse) verlangsamen könne. Trautz untersuchte die Oxydation verschiedener Substanzen durch Sauerstoff bei rotem und violettem Licht und fand: 1. Es gibt bei gleicher thermometrischer Temperatur Verzögerungen von chemischen Reaktionen durch Licht. 2. Es gibt Reaktionen, deren Geschwindigkeit bei gleicher thermometrischer Temperatur durch Strahlung einer Art beschleunigt, durch solche anderer Art verzögert wird. So z. B. wurden bei gleicher Temperatur und bei gleichen Zeiten durch Oxydation folgende Mengen verschiedener Substanzen umgesetzt:

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

	Violett	dunkel	Rot
Schwefelnatrium	160	239	302
Kupferchlorür (ammoniakalisch) .	190	254	270
„ (salzsauer) . . .	59	211	164
Pyrogallol (alkalisch)	27	23	194
„	55	70	77,5
Zerfall von Wasserstoffsuperoxyd	149	62	57
Oxydation von Benzaldehyd etwa	350	20	15

Es ist also eine Art Gegensatz der Lichtwirkung zwischen Rot und Violett vorhanden („Physik. Zeitschr." 1906, S. 899; Eders Jahrb. f. Phot. 1907, S. 374).

Das Chlorgas vereinigt sich mit anderen Körpern vorzugsweise unter der Einwirkung des Lichtes, hauptsächlich des blauen und violetten, während rotes und gelbes die Verbindung nur in sehr geringem Grade oder gar nicht bewirkt.

Dies gilt namentlich von einem Gemenge von Chlor- und Wasserstoff, welche sich im Lichte (bei grellem Lichte unter Explosion) zu Chlorwasserstoff vereinigen. Das Maximum der Wirkung übt das Sonnenspektrum zwischen den Fraunhoferschen Linien *G* und *H* (Fabre und Silbermann, Annal. Chem. Phys. [3], Bd. 37, S. 297). Im Indigo, wo nach Draper die Wirkung am stärksten ist, wirkt das Licht 700mal stärker als im äußersten Rot. Bunsen und Roscoë fanden zwei Maxima in der Wirkung des Spektrums, eines zwischen *G* und *H*, dann nimmt die Wirkung bis gegen *H* etwas ab, steigt bis zur Linie *J* im Beginne des Ultravioletten, um dann im Ultravioletten allmählich abzunehmen; schon vor der Grenze des im Fluoreszenzlicht sichtbar werdenden Spektrums wird die Wirkung unmerklich. [Vgl. I. Bd., 2. Abt, S. 100.]

Kohlenoxyd vereinigt sich nach Thiele im Lichte leichter mit Sauerstoff als im Dunkeln. Herchefinkel fand, daß sich die Reaktion umkehren läßt und umgekehrt Kohlensäure durch ultraviolettes Licht in Kohlenoxyd und Sauerstoff zersetzt wird; Radiumemanationsstrahlen wirken ebenso (Compt. rend., Bd. 149, S. 395; Fortschr. d. Chemie 1910, S. 13).

Wässeriger Jodwasserstoff (Lösung von Jodkalium mit Zusatz von Salzsäure) scheidet im blauen bis ultravioletten Lichte Jod aus ($2\,KJ + 2\,HCl + O = J_2 + O + 2\,KCl$), während das langwellige Licht kaum wirkt. Bei wässeriger Jodkaliumlösung wirkt der ultraviolette Anteil des elektrischen Bogenlichtes überwiegend ein (Ross, Journ. Americ. Chem. Soc., Bd. 28, S. 786).

Die sensibilisierende Wirkung von Farbstoffen tritt nicht nur bei Chlor- und Bromsilber, sondern auch bei manchen anderen lichtempfindlichen Substanzen ein, z. B. bei Jodwasserstoff, Quecksilberlösungen usw.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Quecksilberjodür (Hg_2J_2) schwärzt sich im violetten, blauen und grünen Licht. Quecksilberchlorid mit Ammoniumoxalat (Eders Quecksilberoxalatphotometer) wird hauptsächlich vom Ultraviolett und dem benachbarten Violett beeinflußt.

Bei Eders Quecksilberchlorid-Oxalatgemisch, welches zur Photometrie von kurzwelligen Strahlen dient, kommen ca. 90 % der Gesamtwirkung des Sonnenspektrums auf Rechnung des Ultraviolett, vom Quecksilber-Quarzlampenlichte sogar 99 %.

Überwiegende Zersetzung im ultravioletten Lichte erleiden ferner Ferrisalze gemischt mit Zucker[1]).

Quecksilberjodid in emulgiertem Zustande ist besonders empfindlich für Gelbgrün zwischen den Fraunhoferschen Linien *E* und *D* (Lüppo-Cramer[2]).

Papier mit Goldchlorid getränkt wird im Spektrum langsam unter Rotfärbung (Ausscheidung von Gold) zersetzt. Das Maximum der Wirkung tritt bei *G* und *H* auf; die Wirkung erstreckt sich bis ins Grün (Becquerel, La Lumière, Bd. 2, S. 95).

Kolloides Gold wird im blauen (aber nicht im roten) Licht zu gröberen Partikelchen zusammengeballt und verliert seine grüne Farbe (Siedentopf[3]).

Ultraviolettes Licht bewirkt auch besonders rasch die Violettfärbung von ursprünglich farblosem manganhaltigen Glas (Franz Fischer, Jahrb. f. Phot. 1905, S. 325).

Organische Stoffe. Dieselben zersetzen und verbinden sich häufig unter dem Einflusse des Lichtes leichter als ohne denselben. Namentlich die Oxydation wird im Lichte beschleunigt. Viele Farbstoffe bleichen unter Oxydation im Lichte aus. So erklärt sich das Ausbleichen der organischen Farbstoffe, wie Teerfarben, Safflor, Orseille, Indigo, Blauholz, Brasilienholz, Curcuma usw. am Lichte.

Cyanin ist besonders für das gelbe Licht empfindlich; es absorbiert jenen Teil des Spektrums am kräftigsten (d. i. Gelb), gegen welchen es am empfindlichsten ist. [S. Fig. 160, Kurve 5.] Eosin bleicht im Grün aus; nur auf die lichtunechten Farben wirkt das komplementär gefärbte Licht am stärksten.

Lackmus oxydiert sich am stärksten im Violett, weniger im Rot, fast gar nicht im Dunklen (Chastaing). Nach anderen Angaben wirkt auf Lackmus das gelbe Licht am stärksten ein.

---

1) W. H. Ross (Journ. Americ. chemic. Soc., Bd. 28, S. 786). — Cernovodeann und Henry (Compt. rend., Bd. 150, S. 479).

2) Eders Jahrb. f. Phot. 1903, S. 30 und 34.

3) Eders Jahrb. f. Phot. 1910, S. 421.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Die fetten Öle oxydieren sich an der Luft allmählich; durch Wärme oder durch Licht wird diese Oxydation beschleunigt. Hier wirken die blauen und violetten Strahlen energischer als die weniger brechbaren ein (Cloëz, Compt. rend. 1865, S. 321 und 981. — Chastaing).

Äther (gewöhnlicher Äthyläther) oxydiert sich im Violett am raschesten, weniger im Rot, am langsamsten im Dunklen (Chastaing)

Im Dunklen . .	1,00
Rot	1,20 bis 1,40
Violett	2,50 bis 3,50

Jodoform-Benzol-Lösung zersetzt sich im Lichte bei Gegenwart von Sauerstoff unter Jodausscheidung; am wirksamsten sind die blauen Strahlen von der Wellenlänge 436 $\mu\mu$, welche 77 % der Gesamtwirkung ausmachen (Plotnikow, Zeitschr. f. phys. Chemie 1910, Bd. 75, S. 356).

Phenol rötet sich im Licht infolge einer Oxydation seiner Unreinigkeiten am meisten im Violett.

Mineralöle absorbieren unter dem Einflusse des Lichtes Sauerstoff und führen ihn in Ozon über, welcher die Körper, mit denen er in Berührung kommt, leicht oxydiert (Grotkowsky, Bull. Soc. Chim. 1869 [2], S. 75. Dingler, Bd. 191, S. 173). Wahrscheinlich ist auch hier das violette und ultraviolette Licht besonders wirksam.

Asphalt und Harze. Werden diese Substanzen in Alkohol, Äther oder flüchtigen Ölen aufgelöst, eine solche Lösung in eine dünne Schicht ausgebreitet und dem Lichte exponiert, so oxydieren sich die getroffenen Stellen und werden unlöslich. Asphalt gibt ein Bild des Spektrums von *H* bis *A*, also über den ganzen sichtbaren Teil (Draper). Vgl. Fig. 160, Kurve 4.

Guajakharz, gepulvert oder in alkoholischer Lösung auf Papier aufgestrichen, färbt sich im weißen oder violetten Lichte grün (Oxydation), dagegen im roten unter Reduktion gelb (Wollaston, Herschel). Ist die Luft ausgeschlossen, so färbt sich Guajak am Lichte nicht grün (z. B. in einer Wasserstoffatmosphäre). Das mit alkoholischer Guajaklösung getränkte Papier färbt sich im Spektrum ziemlich deutlich in allen natürlichen Farben, mit Ausnahme des Grün. Nach kurzer Zeit verschwinden aber diese Farben (Herschel, Zenker, Photochromie 1868, S. 17; Philos. Transact.). Guajakpapier färbt sich nicht, wenn man das Ultraviolett von *H* an ausschließt (indem man das Licht durch Chininlösung fallen läßt); im Spektrum bläut es sich von *H* bis *T* (Becquerel).

Curcumapapier wird unter violettem und grünem Glas unter Oxydation entfärbt, dagegen unter rotem nicht (Chastaing).

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Chlorophyll (Blattgrün). Die Lösungen des Chlorophyll werden im Lichte unter Entfärbung oxydiert und zwar in verschiedenem Grade je nach der Natur des Lösungsmittels, z. B. rascher in alkalischen Lösungen als in Olivenöl gelöst.

Am stärksten wird Chlorophyll durch jene Strahlen oxydiert, welche es absorbiert, d. i. Rotorange. Verdünnte Lösungen zersetzen sich leichter als konzentrierte (Gerland, Fortschr. Phys. 1871, S. 468; 1872, S. 433; Wiesner, Fortschr. Phys. 1874, S. 609).

Im allgemeinen verhält sich die weingeistige Chlorophyllösung gegen das Spektrum dem Chlorsilber gerade entgegengesetzt: Cossa (Deutsch. chem. Ges. 1874, S. 358) setzte eine solche Lösung und Chlorsilberpapier einmal hinter Kaliumbichromat, das andere Mal hinter schwefelsaurem Kupferoxyd-Ammoniak dem Lichte aus; bei der ersten Anordnung war das Chlorophyll entfärbt, das photographische Papier kaum angegriffen; bei der zweiten das Chlorophyll unzersetzt, das Chlorsilber aber geschwärzt.

Xanthophyll aber wird nach Wiesner von den durch schwefelsaures Kupferoxyd-Ammoniak gegangenen Strahlen am schnellsten zersetzt; das grüne, gelbe und rote Licht wirkt sehr wenig ein.

Der von Kühne in der Netzhaut des Auges entdeckte Sehpurpur wird durch das Licht gebleicht, wird aber bald wieder regeneriert. Er ist gegen Gelbgrün am stärksten, gegen Rot am schwächsten empfindlich; die Empfindlichkeit ist der Farbenabsorption analog. Sehpurpur geht im Lichte in Sehgelb über, welches besonders das blaue und violette Licht absorbiert und von diesem auch besonders rasch gebleicht wird.

Die Beobachtung, daß die Farben der Blumen in solchem Licht am raschesten ausbleichen, welches zu der Farbe der Blumen komplementär erscheint, ist sehr alt (Herschel u. a., s. Eders Geschichte der Photographie).

Das Prinzip des Ausbleichens der Farbstoffe durch ihre komplementäre Farbe, so daß z. B. rote Farbstoffe im grünen Licht ausbleichen und vom roten geschont werden, führt zum sog. photographischen Ausbleichverfahren oder „Farbenbildung durch Anpassung“ (Farbenanpassungsbildern).

Auf das lichtempfindliche Gemisch von Chinin und Chromsäure wirkt blauviolettes, violettes und benachbartes ultraviolettes Licht am stärksten, während ultraviolettes Licht kürzerer Wellenlänge relativ unwirksam ist (Goldberg, Jahrb. f. Phot. S. 397).

Das Vergilben von Holzpapier erfolgt am stärksten im blauen bis ultravioletten Lichte (Wiesner).

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Die Fulgide werden durch verschiedene Lichtarten sehr verschieden beeinflußt (Phototropie bei Fulgiden, Stobbe, Jahrb. f. Phot. 1908, S. 443). Das gelbe Triphenylfulgid wird unter den blauen Strahlen braun, durch rote und gelbe Strahlen wieder abgetönt nach dem Schema

$$\text{Fulgid } A \underset{\text{rotes u. gelbes Licht}}{\overset{\text{blaues Licht}}{\rightleftharpoons}} \text{Fulgid } B.$$

Ultraviolettes Licht, namentlich solches kürzerer Wellenlänge (also der stärker brechbaren Zone des Ultraviolett), wie sie namentlich mit dem Lichte der Quecksilberquarzlampe, dem elektrischen Bogen- oder Flaschenfunken zwischen Aluminium- oder Zinkelektroden usw. erhalten wird und welches kurzwelliges Ultraviolett nicht mehr Glas durchdringen kann, ist besonders stark wirksam auf manche photochemische Systeme, welche auf Licht längerer Wellenlänge wenig oder nicht reagieren[1]).

Sauerstoff wird nicht nur im ultravioletten Lichte der Quecksilberquarzlampe bis zu einem gewissen Grade in Ozon übergeführt, sondern der Prozeß ist auch umkehrbar, indem Ultraviolett einen erheblichen Zerfall von Ozon herbeiführen kann. Nach E. Regener liegt das am meisten wirksame Licht bei der Wellenlänge 300—185 $\mu\mu$. Ozon absorbiert Ultraviolett stark bei 237 $\mu\mu$. Reiner Sauerstoff wird im Ultraviolett stark ozonisiert; die Ozonisierung nimmt pro Minute infolge entgegengesetzter Wirkung ab und es kommt zu einem Gleichgewicht. Die ozonisierenden Strahlen müssen am besten eine Wellenlänge kleiner als 237 $\mu\mu$ haben (Eders Jahrb. f. Phot. 1907, S. 376).

Wasser wird durch Ultraviolett in $H_2 + O$ zersetzt; andererseits wird auch die Vereinigung von $H_2 + O$ zu Wasser durch Ultraviolett bewirkt; es entsteht also beim Belichten des Wasserdampfes ein Gleichgewicht (Kernbaum, Jahrb. f. Phot. 1910).

Ultraviolettes Licht beschleunigt z. B. Bildung von Wasserstoffsuperoxyd aus Wasser. — Zerfall von Wasserstoffsuperoxyd. — Bildung von Wasser aus Knallgas, von Kohlendioxyd aus Kohlenoxyd und Sauerstoff (Thiele). — Ebenso zersetzt sich Ammoniak, Stickoxyd (in Oxydul und Sauerstoff) partiell im Ultraviolett (Warburg und Regener); desgleichen Kohlensäure (Bildung von Kohlenoxyd; Herchfinkel). — Schwefeldioxyd vereinigt sich im Lichte der Quecksilberquarzlampe mit Sauerstoff zu Schwefeltrioxyd (Coehn und Becker), Chlorwasserstoff wird partiell gespalten (Coehn und Wassiljewa).

---

1) Eine ausführliche Zusammenstellung von Reaktionen im ultravioletten Licht findet sich im Referat A. Kailans (Vierteljahrsschrift d. Vereins zur Förderung des physik.-chem. Unterrichts, Wien 1911, Bd. 16, S. 5).

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Wässerige Lösungen von Chloraten oder Bromaten sind im Sonnenlicht ziemlich beständig. Im kurzwelligen Ultraviolett erfolgt Reduktion; am wirksamsten ist der durch Glas absorbierbare Teil des ultravioletten Spektrums, weshalb der Versuch mit Quarzlampen und -gefäßen zu machen ist (Ross, Eders Jahrb. f. Phot. 1907, S. 378).

Kohlenoxychlorid (Phosgen) wird nur im ultravioletten Lichte zu Kohlenoxyd und Chlor gespalten, nicht aber im sichtbaren Lichte, welches im Gegenteil die Addition von Kohlenoxyd und Chlor befördert (Coehn und Becker[1]).

Ultraviolette Strahlen zerstäuben Metalle (Lenard und Wolf 1889). Im Lichte der Quecksilberquarzlampe zerstäuben Silber, Kupfer, Zinn usw. unter Flüssigkeiten zu kolloidalen Lösungen (The Svedberg, Jahrb. f. Phot. 1910, S. 403).

Beim Zerstäuben von Metallen durch ultraviolettes Licht wirken nach The Svedberg die sichtbaren Stahlen bis 400 $\mu\mu$ kaum ein, um so mehr Ultraviolett[2]). [Vgl. Lüppo-Cramer][3]).

Ultraviolettes Licht wirkt kräftig sterilisierend auf Trinkwasser (Billon-Daguerre, ferner Courmont und Nogier, Jahrb. f. Phot. 1910, S. 443 und 444).

Die Vegetation grüner Pflanzenteile wird durch Ultraviolett nachteilig beeinflußt. Die ultravioletten Strahlen bewirken das Absterben pflanzlicher Zellen in verhältnismäßig sehr kurzer Zeit; ihre Wirkung ist, da sie nicht sehr tief eindringen, hauptsächlich eine Oberflächenwirkung. Das Schwarzwerden der Blätter und besonders die Farbenänderung der dem direkten Bogenlicht ausgesetzten Pflanzen ist in erster Linie auf die in diesem Licht enthaltenen ultravioletten Strahlen zurückzuführen. Diese Erscheinung ist die Folge des Absterbens des Protoplasmas und nicht, wie man bisher annahm, die unmittelbare Wirkung des elektrischen Einflusses (Maquenne und Demousty, Jahrb. f. Phot. 1910, S. 445).

Zerlegung des Wassers durch ultraviolette Strahlen. An Kernbaums Arbeit anknüpfend, macht Stöckl im Bayer. Ind.- und Gewerbebl. (1910, Nr. 15, S. 144) aufmerksam, daß der Meteorologe Hann in seinem Lehrbuch der Meteorologie (1906, S. 8) angibt, daß die atmosphärische Luft in 100 km Höhe sehr reich an Wasserstoff ist. Wahrscheinlich rührt dieser Wasserstoff, wie Stöckl vermutet, von der photochemischen Zersetzung des Wasserdampfes her, da das Sonnen-

1) Eders Jahrb. f. Phot. 1910, S. 427.
2) Kolloid-Zeitschrift 1910, S. 129.
3) Phot. Korresp. 1910, S. 272.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

licht in großen Höhen noch reich an kurzwelligen Strahlen ist. Der leichte Wasserstoff bleibe dann in den höchsten Schichten der Atmosphäre.

Hermann Thiele berichtet über einige Reaktionen im ultravioletten Licht (vgl. Thiele, Wolf, Arch. f. Hyg., Bd. 60, S. 9; Compt. rend. 1907, Bd. 1, S. 492). Thiele benutzte eine Hochspannungsquecksilberlampe von Heraeus. Das Reaktionsgefäß war ein Meßkolben aus Quarzglas; es wurde, um die Wärmestrahlung der Lampe zu verringern, mit Wasser gekühlt. Der Gang der untersuchten Gasreaktionen wurde durch Messung der Volumenänderung verfolgt. Die Vereinigung des Knallgases im ultravioletten Licht wird durch Trockenheit der Gase nicht verhindert, sondern eher beschleunigt. Auch Kohlenoxyd und Sauerstoff vereinigen sich bei ultravioletter Bestrahlung. Die prozentualen Mengen des Reaktionsproduktes sind kleiner als bei der Verbrennung des Knallgases. Bei längerer Belichtung nimmt die Geschwindigkeit der Reaktion ab. Die Reaktion des Deaconprozesses, Chlorbildung aus HCl und Luft, erfolgt schneller bei Belichtung. Die Beschleunigung tritt auch auf, wenn die Gase getrocknet sind. Ein Gemisch von Methylalkoholdampf und Luft zeigt bei Bestrahlung eine Kontraktion von 2,3 Prozent. Ferner wurden Versuche über die Bildung von Ozon im ultravioletten Licht angestellt. Aus ihnen geht als wahrscheinlich hervor, daß es sich bei der Knallgasvereinigung nicht um eine primäre Bildung von Ozon handelt. Die Versuche von Bordier und Nogier („Compt. rend. de l'Acad. des scienes", Bd. 147, S. 354; „Compt. rend." 1908, Bd. 2, S. 1228) und die aus ihnen gefolgerten Schlüsse fanden keine experimentelle Bestätigung. Ein Gemisch von Äthylen und Wasserstoff zeigte bei Belichtung von 6 Stunden eine Kontraktion von 1 Prozent. Azetylen gibt für sich im ultravioletten Licht merkliche Kontraktion unter Bildung eines weißen Niederschlages, der noch näher untersucht werden soll. Wird verdünnte Bromwasserstoffsäure bestrahlt, so findet bei Luftzutritt rasch Bräunung statt. Die Zersetzung des HBr tritt aber nicht oder nur spurenweise ein, wenn man mittels H den O wegnimmt und den Versuchskolben unter Vorlegung glühenden Kupfers evakuiert. Die Zersetzung von Wasserstoffsuperoxyd wird dagegen durch ultraviolettes Licht sehr beschleunigt. Ebenso wird die Zerlegung von Kaliumperkarbonat durch ultraviolette Strahlen erheblich beschleunigt. Von Ammoniumpersulfat wurden in 3 Stunden 27 % zerlegt. Versuche mit Kaliumnitrat in zehntelnormaler Lösung ergaben nach $2^1/_2$ Stunden eine Umwandlung von 6,3 Prozent Nitrat in Nitrit und Sauerstoff.

Die Bildung von Ameisensäure unter dem Einfluß des Lichtes nach der Gleichung $CO + H_2O = HCO_2H$ ist sehr unerheblich; dagegen

erfährt die Ameisensäure durch die Wirkung des Lichtes tiefeingreifende Veränderungen. Außer CO_2 und CO enthält das hierbei resultierende Gasgemisch noch Methan und Wasserstoff. Beim Verdampfen hinterläßt die belichtete Säure einen hellgelben, hygroskopischen, sauer reagierenden, bitter schmeckenden Niederschlag, der in Wasser zum größten Teil löslich, in sehr verdünntem Alkohol vollständig löslich ist. Es entstehen also aus der Ameisensäure durch die Wirkung des Lichtes offenbar hochkomplizierte Körper, eine Tatsache, die für die lebende Pflanze von Bedeutung ist. Das Verhalten von Ammoniumoxalat zeigt Ähnlichkeit mit dem der Ameisensäure; das entwickelte Gas besteht zum großen Teil aus CO_2.

Weitere Versuche wurden über das Verhalten von Eiweißköpern angestellt. Peptonlösung (0,1 % Pepton, 1,6 % NaCl) wurde bald intensiv gelb und rot nach Beendung der Belichtung. Ähnlich verhält sich eine verdünnte Lösung von Hühnereiweiß. Filtrierpapier, 3 Stunden dem Tageslicht ausgesetzt, ergab eine Gewichtsabnahme von 0,8 mg, während das im Dunkeln gehaltene Kontrollfilter 0,1 mg zugenommen hatte (Zeitschr. f. angew. Chemie 1909, Bd. 22, S. 2472; Chem. Zentralbl. 1910, Bd. 1, S. 891).

J. Amann beobachtete photochemische Reaktionen ultramikroskopisch und zieht aus seinen Untersuchungen folgende Schlüsse: Die organischen Doppelsalze des Eisens und der Alkalimetalle sind häufig lichtempfindlich. Diese Lichtempfindlichkeit läßt sich auf verschiedene Weise erklären: 1. Durch einfache Zersetzung des Doppelsalzes mit Reduktion des Ferrisalzes zu Ferrosalz (Ferriammoniumoxalat). 2. Durch eine gleiche Reduktion, begleitet von einer Ausflockung des Kolloids und der Bildung des Gels unter Einfluß des Lichtes. Diese Reaktion ist im Dunkeln oder im chemisch unwirksamen Licht rückläufig (Eders Jahrb. f. Phot. 1910, S. 432).

Eine große Reihe von Reaktionen organischer Substanzen im ultravioletten Licht haben auch Berthelot und Gaudechon studiert, z. B. auf Azetylen, Äthylen; Cyan, sowie Ammoniak werden bei Gegenwart von Sauerstoff oxydiert; Azetylen und Sauerstoff geben Kohlendioxyd, Kohlenoxyd und Ameisensäure; Kohlenoxyd mit Wasserstoff gibt Formaldehyd, der sich dabei polymerisiert, was mit Rücksicht auf den Aufbau von Stärkezucker aus Formaldehyd in der lebenden Natur von besonderem Interesse ist.

b) Ultraviolettempfindliches Papier.

Ein ultraviolettempfindliches Papier mit Paraphenylendiamin hat Schall (vgl. Eders Jahrb. f. Phot. 1908, S. 442; 1909,

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

S. 252 und 1910, S. 439) gefunden. Man tränkt ein Stück Kreidepapier mit einer mit Salpetersäure versetzten wässerigen Lösung von *p*-Phenylendiamin (1 : 14) und trocknet über einer nichtleuchtenden Bunsenflamme schnellstens. Es wird 1 g frisch umkristallisiertes p.-Phenylendiamin zu 14 ccm Wasser und 4 ccm verdünnter Salpetersäure (2 Vol. konz. Salpetersäure vom spez. Gew. 1,2 auf 3 Vol. Wasser) unter Schütteln zum Lösen gebracht; die Lösung dunkelt rasch, bleibt aber einige Zeit brauchbar. Im Sonnenlicht wird das Papier blau; besonders wirksam ist das Licht der Quecksilberquarzlampe; gewöhnliches Glas hemmt die Lichtwirkung. Neuerdings weist Schall darauf hin, daß die Empfindlichkeit dieses Papiers für ultraviolette Strahlen kürzester Wellenlänge besonders groß ist und man damit Messungen der Lichtintensität des Sonnenlichtes in hohen Regionen und eventuelle Konstatierung der Ursachen der Absorption vornehmen könne. Für sichtbares Licht ist derartiges Papier kaum lichtempfindlich.

SLUB Wir führen Wissen.
gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

DREIZEHNTES KAPITEL.

WIRKUNG VON FARBIGEN UND FARBLOSEN MEDIEN IN BEZUG AUF PHOTOGRAPHIE.

1. Lichtverlust beim Durchgang des Lichtes durch verschiedene Gläser.

Wenn Licht durch farblose oder gefärbte Medien dringt, so werden verschiedene Strahlen des Spektrums mehr oder weniger stark absorbiert und gewissermaßen das weiße Licht entmischt. Damit ist ein Verlust der Gesamthelligkeit des Lichts verbunden.

Rood gab folgende Tabelle über die Absorption des Lichtes durch Gläser:

Glassorte	Dicke des Glases in Zollen	Lichtverlust in Prozenten
Crownglas	$^1/_{12}$	8,91
„ einseitig matt	$^1/_{12}$	58.87
Orangegelbes Glas	$^1/_{20}$	51,26
Tiefrotes Glas	$^1/_{10}$	89,95

Nach Herzberg und Schulze (Phot. Nachrichten 1889, S. 167 aus: „La Nature") verschluckt gewöhnliches durchscheinendes Mattglas ungefähr 27 % des Lichtes, dünnes Spiegelglas 10 %; dagegen absorbierte eine gewöhnliche mit Staub bedeckte Glasplatte und eine Mattscheibe zirka 60 % Licht. Obschon diese Versuche mit optischen (nicht mit photographischen) Photometern angestellt wurden, sind sie doch für Photographen sehr interessant, weil der schädliche Einfluß von Schmutz auf den Glasdächern sehr deutlich daraus hervorgeht.

Über die selektive Absorption verschiedener Gläser im Ultraviolett s. Seite 47 und 301. — Vgl. ferner Tafel VI Fig. 3.

2. Lichtabsorption in farbigen Gläsern und Farbrasterplatten.

Der Lichtverlust in Gelbscheiben, welche man bei orthochromatischen Aufnahmen vor das Objektiv oder die Platte einschaltet, äußert sich in verlängerter Belichtungszeit. Selbstverständlich variiert diese

SLUB Wir führen Wissen.
gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

mit der Farbenempfindlichkeit der Platte und der Lichtdämpfung des Filters (s. S. 341). Durchschnittlich rechnet man in der photographischen Praxis auf eine Verlängerung der Belichtungszeit um das 3- bis 5fache.

Bei Autochromplatten oder ähnlichen Farbrasterplatten erfolgt die Belichtung durch eine Punktur- oder Rasterliniatur in den drei Grundfarben Orangerot, Grün und Blauviolett. Die Transparenz und Leuchtkraft dieser farbigen Rasterbestandteile, sowie ihre Anzahl ist variabel. So z. B. beträgt die Lichtdurchlässigkeit der

Autochromplatte	7,5 %
Thamesplatte	12 „
Omnicoloreplatte	10 „
Dufayplatte	21 „

wie Mees und Pledge mittels des Hüfnerschen Spektralphotometers ermittelt haben (Brit. Journ. Phot. Nr. 2617; Phot. Mitt. 1810, S. 237).

Um den absorbierenden Einfluß von Glas auf durchfallendes Licht genau zu erkennen, muß die Lichtabsorption der farblosen Glasmasse bekannt sein; wir haben dies auf S. 301 geschildert. Daran anschließend werden wir gefärbte Gläser besprechen.

Farbige Gläser[1]).

Das durch rote, gelbe usw. Gläser fallende Licht ist durchaus nicht identisch mit den einfachen Farben des Spektrums. Ein scheinbar einfarbiges Glas läßt fast immer Licht durch, welches durch das Prisma in mehrere Farben zerlegt wird; so z. B. besteht das durch orangefarbiges Glas fallende Licht aus Rot, Gelb und Grün, das rote Kupferoxydulglas läßt neben Rot noch Orange, das blaue Kobaltglas neben Blau und Violett auch Strahlen von Gelb und äußerstem Rot durch. Diese Verhältnisse lassen sich leicht beobachten, wenn man das fragliche Glas gegen den Himmel gewendet vor einen kleinen Spektralapparat hält. Die vom farbigen Medium absorbierten Strahlen fehlen nunmehr im Spektrum.

Aus allem geht hervor, daß man Versuche über photographische Farbenempfindlichkeit von Präparaten niemals unter farbigen Gläsern, sondern im Spektrum machen soll. Nur dann, wenn es auf wochen- oder monatelang andauernde Wirkung ankommt, nimmt man zu gefärbten Gläsern Zuflucht, indem man aber wohl darauf sieht, daß man die Gläser derartig wählt, kombiniert oder mit künstlichen Farbstoffen färbt, daß sie annähernd monochromatisches (einfarbiges) Licht durchlassen.

1) Die erste Untersuchung farbiger Gläser bezüglich ihres Verhaltens zu photographischen Platten führte Ed. Becquerel im Jahre 1843 durch (Annales de Chimie et de Physique 1843, tome 9).

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Andererseits ist die Kenntnis der Absorption gefärbter Gläser gegen das Licht von großem Einflusse auf die Wahl derselben: für die Beleuchtung der Dunkelkammer; für die „Lichtfilter" bei orthochromatischen Aufnahmen farbiger Objekte, d. i. zum Abschwächen gewisser farbiger Strahlen, welche bei der photographischen Aufnahme zu kräftig wirken; als Lichtfilter für Dreifarbenphotographie und für Spezialzwecke, z. B. Mikrophotographie usw.

Nachdem Becquerel 1843 das Verhalten farbiger Gläser gegen photographische Platten untersuchte, stellten Eder und Valenta (1904) zuerst die Absorptionsspektren von gefärbten Gläsern mit Berücksichtigung der chemischen Zusammensetzung der Glasmasse genau fest und zwar unter Benutzung eines Quarzspektrographen unter besonderer Berücksichtigung des gesamten Ultraviolett (Denkschriften der k. Akad. d. Wissensch. in Wien, Mai 1904). Wir entnehmen dieser Abhandlung folgendes:

1. Goldrubinglas (Überfangglas), s. Fig. 170, Nr. 1. — Farbe bläulichrot. — Das Maximum der Absorption liegt zwischen D und $^1/_2E$. Das Absorptionsband erstreckt sich einerseits gegen D, andererseits gegen G. Das Goldrubinglas ist für Blau und Violett, sowie für den Beginn des Ultraviolett stark durchlässig. Zwischen der ultravioletten Linie N und O beginnt eine gegen das brechbare Ende rasch wachsende Absorption.

2. Kupferoxydul-Überfangglas (Kupferrubin), s. Fig. 170, Nr. 2. — Farbe rot. — Zeigt in dickeren Schichten eine Absorption bis über D Dünne Schichten zeigen ein Absorptionsmaximum bei D bis $^1/_3E$, darnach tritt ein deutlicher grünblauer Lichtschimmer auf und erst von beiläufig F angefangen wird die Absorption total. Für die brechbareren Strahlen ist rotes Kupferoxydulglas nicht durchlässig, weshalb es sich sehr gut zur Herstellung von Dunkelkammerscheiben für photographische Zwecke eignet.

3. Kupferoxydgläser (in der Masse gefärbt), s. Fig. 170, Nr. 3 und 4, können je nach der Zusammensetzung des Glassatzes blau, blaugrün bis grün gefärbt erscheinen. Bleifreies Kali-Natronglas (Glassatz A) gibt blaugrüne bis blaue Gläser, wogegen Bleisilikatgläser grüne Färbungen annehmen. Die Absorptionsverhältnisse dieser Gläser sind auffallend verschieden. Das mit Kupferoxyd gefärbte Kali-Natronglas gibt einen Absorptionsstreifen im Rot und läßt gelbes, grünes und blaues Licht bis nahe G durch; bei G findet sich ein kleines Absorptionsband, worauf die Absorption sich im Violett bei G, $^1/_2H$ vermindert und bei H rasch gegen das Ultraviolett ansteigt. Das Bleiglas, welches mit Kupferoxyd gefärbt ist, weist ein ähnliches Absorptionsband wie das vorige im Rot auf, es geht jedoch hauptsächlich gelbes und grünes, dagegen nur wenig blaues Licht durch, so daß eine kräftige Absorption schon im Blau stattfindet und sich ansteigend über Violett und Ultraviolett erstreckt.

Beim Bleiglase wird also im Vergleiche mit den reinen Alkaligläsern der Absorptionsstreifen vom brechbaren Ende des Spektrums gegen das weniger brechbare verschoben.

4. Chromoxydgläser, s. Fig. 170, Nr. 5, durch Eintragen von Chromoxyd in geschmolzene Glasflüsse erhalten, sind grün, und zwar von reinerem Grün (Grasgrün) als Kupferoxydgläser. Das Absorptionsband, welches sich von Rot bis gegen

Gelb erstreckt, zeigt in der Regel zwei schwache Maxima bei *B* und *C* gegen *D*. Gelbes und grünes Licht geht fast ungeschwächt hindurch. Bei der Fraunhoferschen Linie *F* beginnt die Absorption, welche langsam bis ins Blau (bei *G*) ansteigt; bei intensiv gefärbten Gläsern tritt starke Absorption schon im Blau und Violett ein, bei schwach gefärbten (besonders bei borsäurefreien gewöhnlichen Natrongläsern) er-

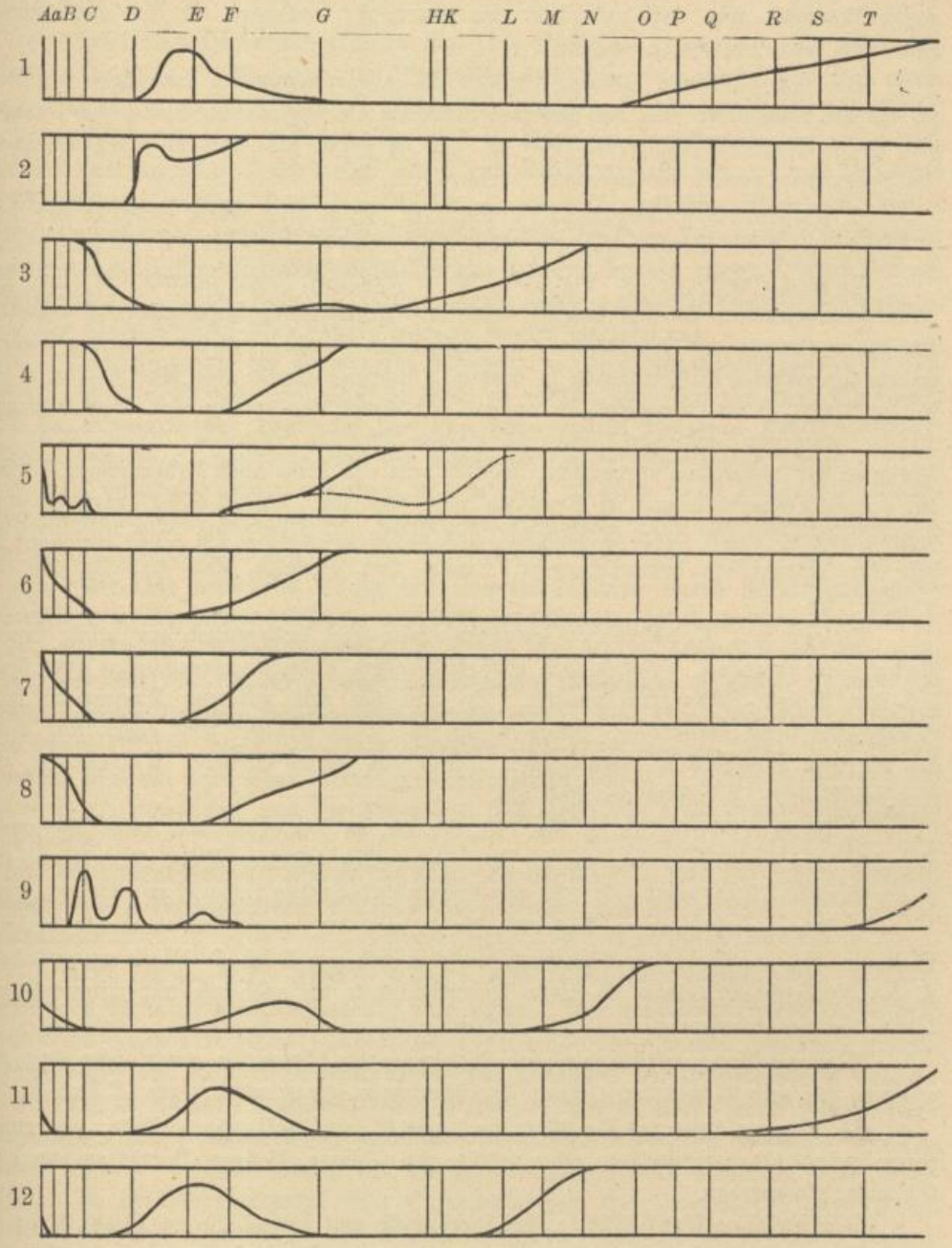


Fig. 170.

1 Goldrubin, rot. — 2 Kupferoxydul, rot. — 3 Kupferoxyd, Glassatz *A*, blaugrün. — 4 Kupferoxyd, Glassatz *D*, grün. — 5 Chromoxyd, Glassatz *A*, grün. — 6 Chromsaures Kali, Glassatz *A*, gelb. — 7 Chromsaures Kali, Glassatz *D*, gelb. — 8 Chromsaures Kupferoxyd, Glassatz *A*, blaugrün. — 9 Kobaltglas *A*, blau. — 10 Nickelglas *D*, braungelb. — 11 Mangan, Glassatz *B*, violett. — 12 Mangan, Glassatz *D*, violett.

SLUB Wir führen Wissen.
gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

streckt sich die mittlere Absorption von E bis H; sie wird erst im Ultraviolett stark. (S. punktierte Kurve.)

5. Chromatgläser, s. Fig. 170, Nr. 6 und 7, mittels Kaliumchromat in Glasschmelzen erhalten, zeigen eine gelbe Farbe. Die Absorption weicht von den vorher erwähnten Chromoxydgläsern insofern ab, als der Absorptionsstreifen von Blau weiter gegen Blaugrün und Grün vorrückt (bis gegen E), während im Rot und Orange gleichfalls eine Absorption eintritt.

Bei den bleifreien Gläsern verläuft die Absorptionskurve langsamer im Blau als bei den Bleigläsern; bei den letzteren rückt das Absorptionsband weiter von Dunkelblau gegen Hellblau resp. Grün vor; so daß es gegen das weniger brechbare Ende des Spektrums verschoben erscheint.

6. Kupferchromatgläser, s. Fig. 170, Nr. 8, sind feurig gelbgrün und ihre Absorptionsspektren entsprechen den Mischungen von Kupferoxyd mit Chromatgläsern.

7. Kobaltgläser, s. Fig. 170, Nr. 9 (bleifrei), sind bekanntlich blau; ihr Absorptionsspektrum ist seit langem bekannt. Dunkelblaue Kobaltgläser absorbieren das ganze Orange mit Ausnahme der dunkelroten Strahlen nächst A und a bis B; schwächer gefärbte Gläser lassen in diesem Absorptionsbande zwei Maxima (bei C im Rot und $C\,{}^4/_5\,D$ im Orangegelb erkennen, von denen das letztere sich über D hinaus bis ins Gelbgrün erstreckt. Für die grünen Strahlen zwischen D und E ist ein Minimum der Absorption vorhanden, dagegen tritt von E bis über F (Maximum $E\,{}^1/_2\,F$) ein drittes Absorptionsband im Blaugrün auf. Das Blau, Violett und Ultraviolett geht nahezu ungeschwächt durch Kobaltglas, und es ist namentlich die große Durchlässigkeit für Ultraviolett bemerkenswert, welche fast dasselbe Maß erreicht, wie für weißes Glas.

Borax mit Kobaltoxyd geschmolzen gibt bekanntlich ein schön blaues Kobalt-Boraxglas, welches sich bezüglich seines Absorptionsvermögens ganz ähnlich dem Kobalt-Silikatglase verhält. Es sind die drei analogen Maxima im Rot, Orange und Grün vorhanden, jedoch liegen sie etwas weniger weit gegen Rot (d. h. die Maxima entsprechen absorbiertem Lichte von etwas kürzerer Wellenlänge, als dies bei Kobalt-Silikatglas der Fall ist).

8. Nickel-Bleiglas, s. Fig. 170, Nr. 10, ist braungelb und zeigt ein wenig charakteristisches Absorptionsband im Rot, ein zweites zwischen F und G, während die Absorption im Ultraviolett sich von der Fraunhoferschen Linie M an geltend macht.

9. Mangangläser, s. Fig. 170, Nr. 11 und 12, zeigen die bekannte violette Färbung. Ein starkes Absorptionsband, welches sich von D bis G (Maximum zwischen E und F) erstreckt, sowie die große Durchlässigkeit für violettes und ultraviolettes Licht sind bemerkenswert.

Bleiarme Mangangläser zeigen das Maximum der Absorption etwas mehr gegen F, während bei sehr bleireichen Gläsern das Maximum etwas mehr gegen E liegt.

10. Urangläser, s. Fig. 171, Nr. 1 und 2, sind gelbgrün gefärbt, und zwar zeigen reine Alkalisilikatgläser oder solche mit kleinen Mengen Borsäurezusatz die bekannte Fluoreszenz.

Bleihaltige Urangläser sind dunkelgelb und zeigen keine Fluoreszenz.

Uran-Alkalisilikatglas zeigt mehrere Absorptionsbänder, ein schwaches bei D, ein stärkeres zwischen E und F und das stärkste bei $G\,{}^1/_2\,H$. Zu Beginn des Ultraviolett sinkt die Absorption, das Glas läßt ziemlich viel Ultraviolett nächst der Fraunhoferschen Linie L durch, dann stellt sich eine rasch zunehmende Absorption für das Ultraviolett ein (s. Kurve).

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Bleihaltige Urangläser zeigen ein etwas abweichendes Verhalten. Das vorhin erwähnte schwache Absorptionsband bei D tritt zurück, bei $E^1/_2 F$ und $F^2/_3 G$ sind Absorptionsmaxima kenntlich, jedoch wird gegen das stärker brechbare Spektrumende das Licht viel stärker absorbiert, als dies bei den Alkalisilikat-Urangläsern der Fall ist; die Absorptionsbanden rücken vom brechbareren gegen das weniger brechbare Ende vor.

11. Silber-Überfangglas, s. Fig. 171, Nr. 3, ist orangegelb. Es zeigt eine starke Absorption für Blaugrün und Blau; die Absorption steigert sich von E an rasch und erreicht vor G ein Maximum. Das Absorptionsband sinkt im Violett allmählich bis über H hinaus, und es findet sich bei L ein Minimum, welches bis gegen O reicht, wonach die Absorption wieder steigt. Stark gefärbte Silbergläser lassen dieses Minimum im Ultraviolett weniger deutlich erkennen als schwach gefärbte Gläser. Es bieten somit die orangegelb gefärbten Silber-Überfanggläser bei ihrer Verwendung zu Dunkelkammerscheiben für photographische Zwecke weniger Schutz gegen Ultraviolett als das gewöhnliche gelbe „Holzglas“ (siehe unten); dagegen absorbiert das Silberüberfangglas das Blaugrün und Blau relativ weitaus stärker als letzteres.

Wenn trotzdem das orangegelbe Silberglas in der photographischen Praxis sich häufig günstiger als das „Holzglas“ erweist, so erklärt sich das aus dem Umstande, daß das Silberglas das Maximum der Absorption gerade für jenen Bezirk aufweist, für welchen die Bromsilbergelatine das Maximum der Empfindlichkeit besitzt.

Da ferner das diffuse Tageslicht und in noch höherem Grade Kerzenlicht relativ arm anultravioletten Strahlen ist, kommt im erwähnten Falle die obige Eigenschaft des Silberüberfangglases nicht störend zur Geltung, wohl aber vermag vom direkten Sonnonlichte eine merkliche Menge ultravioletter Strahlen durch Silberüberfangglas zu dringen[1]). An Feuer der Farbe übertrifft das Silberglas alle anderen gelben Gläser.

12. Grünes Eisenoxydulglas, s. Fig. 171, Nr. 4, erhalten durch Eintragen von Eisenvitriol in Glasflüsse und reduzierendes Schmelzen derselben, meist von trübem grünen Ansehen (sogenanntes Flaschengrün). Die Absorption des Lichtes ist bei diesen Gläsern nicht besonders charakteristisch; ein breites Band im Rot und Orange, dann ein schwaches breites Absorptionsband von $E^2/_3 F$ bis gegen H. Von da an bis L vermindert sich die Absorption und steigt von L bis gegen T allmählich wieder an.

13. Charakteristisch sind gelbe Eisenoxydgläser, s. Fig. 171, Nr. 5, 6 und 7. Gewöhnliche Alkali-Kalkgläser werden durch Eintragen von Eisenoxyd in die Schmelze

---

1) Es ist somit die Angabe Hunts, daß „gelbe Silbergläser keine chemisch wirksamen Strahlen hindurchlassen“, eine irrige. Wir erwähnen dies ausdrücklich, weil diese Angabe in neue ausführliche Lehrbücher der Chemie und Photographie übergegangen ist, so z. B. in Graham-Ottos Lehrbuch der anorganischen Chemie, 5. Aufl. Bd. II, 4. Abt., 1. Hälfte, 1886, S. 256; in diesem Werke findet sich die ganz unrichtige Angabe, daß beiläufig denselben Zweck (wie Silberglas) Glastafeln erfüllen, welche mit einer sauren Lösung von Chininsulfat und Gummi überdeckt sind. Diese Angabe ist deshalb unrichtig, weil Chininsulfat nur das Ultraviolett bis über die Fraunhoferschen Linien H und K absorbiert und höchstens für Chlorsilberpapiere einen beiläufigen Schutz darbietet; denn diese haben das Maximum der Empfindlichkeit an der Grenze des Violett nächst H und K. Für Bromsilber, welches das Maximum der Empfindlichkeit im Hellblau besitzt, bieten Chininsulfatschichten nur einen sehr unvollkommenen Schutz und ist die Wirkung nicht im entferntesten mit jener von gelben Gläsern zu vergleichen.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

hellgelb. Solche Gläser zeigen einen Absorptionsstreifen von Rot bis über Orange; Gelb und Grün dringen fast ungeschwächt durch; die Absorption erstreckt sich schwach ansteigend von *E* bis gegen *G* und wird im Ultraviolett sehr stark. Mit steigendem

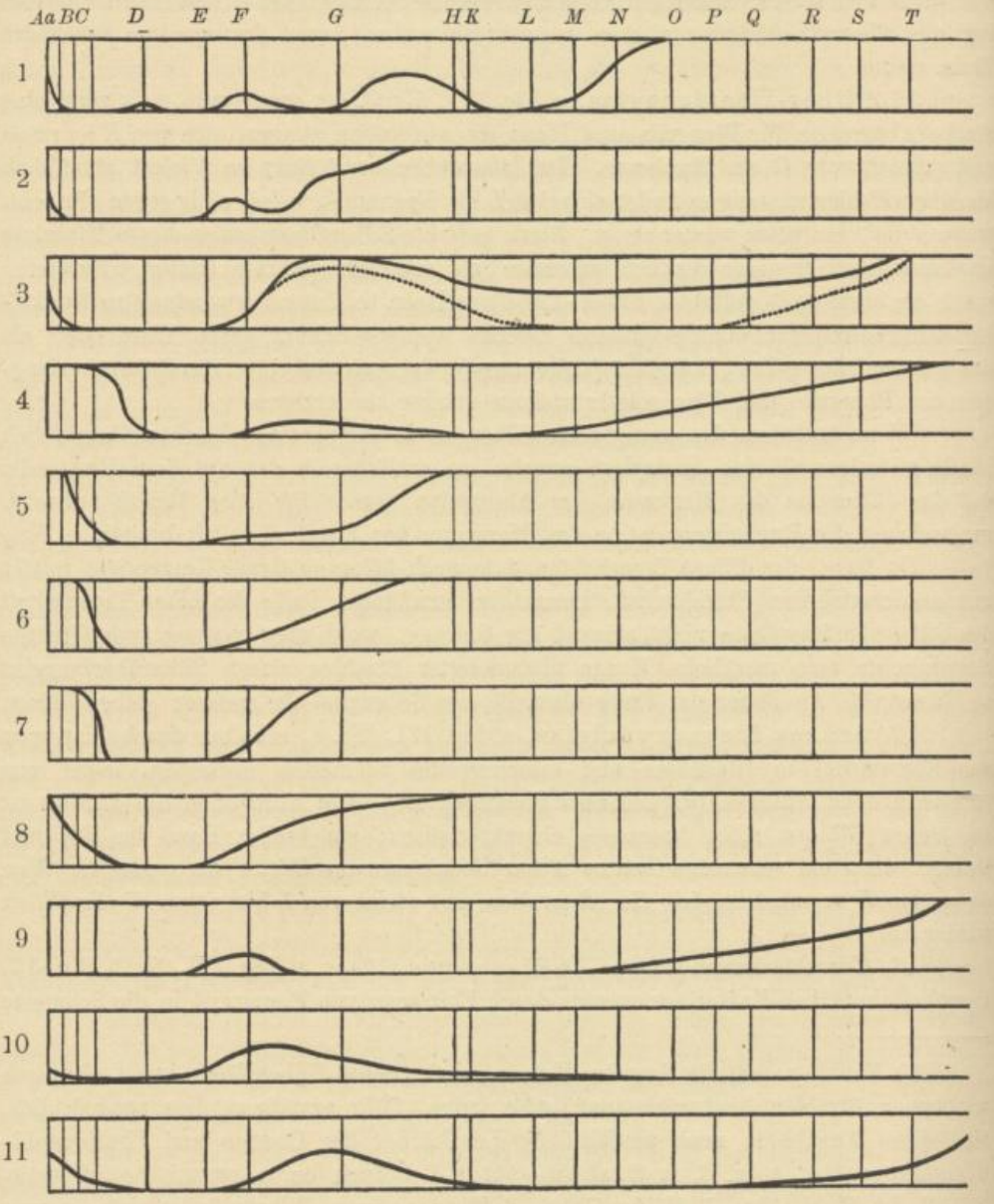


Fig. 171.

1 Uran, Glassatz *A*, gelb, fluoreszierend. — 2 Uran, Glassatz *B*, dunkelgelb, nicht fluoreszierend. — 3 Silber, orangegelb. — 4 Eisenoxydul, Glassatz *B*, flaschengrün. — 5 Eisenoxyd, Glassatz *B*. — 6 Eisenoxyd, Glassatz *C*. — 7 Eisenoxyd, Glassatz *D*. — 8. Holzglas, gelb. — 9 Selenglas. — 10 Silberspiegel auf Quarzplatten. — 11 Blattgold.

Bleigehalt der Glasmasse werden unter sonst gleichen Umständen die Eisenoxydgläser dunkler gelb und der Absorptionsstreifen wird von Blau weiter gegen Grün verschoben, indem die Bleigläser eine stärkere Absorption für die brechbareren Strahlen aufweisen.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

14. Gelbes „Holzglas“ oder Kohleglas, s. Fig. 171, Nr. 8, durch Eintauchen von Holzstäben in bleifreie Glasflüsse erhalten, ist weniger feurig gelb als Silberglas, sondern zeigt stets einen bräunlichen Ton. Sie besitzen ein hohes Absorptionsvermögen für Ultraviolett und Violett und übertreffen in dieser Beziehung weit das Silberglas. Dagegen absorbiert „Holzglas“ merklich weniger Blau und steht hierin hinter dem Silberglas zurück (vgl. die Absorptionskurven Fig. 171, Nr. 3 und 8). Die gebräuchlichsten Gelbscheiben für photographische Dunkelkammern sind derartige Holzgläser. Wir bemerken, daß Kombinationen von je einer orangegelben Silberüberfangglasscheibe mit einer Holzglasscheibe bei photographischen Prozessen einen besseren Schutz gewähren als gleichartige Doppelscheiben einer Glasart; denn Silber und Holzglas ergänzen sich bezüglich der Absorption im Hellblau und Ultraviolett.

15. Rötliches Selenglas, s. Fig. 171, Nr. 9, zeigt eine schwach rosenrote Färbung. Es wurde von Herrn Reich in seiner Glasfabrik durch Eintragen von elementarem Selen in bleifreie Glasflüsse hergestellt. Das Absorptionsspektrum kann nur in Schichten von 2—8 cm beobachtet werden. Es zeigt ein schwaches Absorptionsband im Grün (*E* bis *F*) und ein schwaches Band im Ultraviolett.

Metallische Silberspiegel, s. Fig. 171, Nr. 10. Daß dünne Silberschichten auf Glas- resp. Bergkristallplatten viel Ultraviolett durchlassen, ist eine bereits seit langer Zeit bekannte Tatsache. Der Verlauf der Absorptionskurven mußte von uns jedoch erst neu sichergestellt werden, um einen Vergleich mit den vorhin beschriebenen Absorptionsspektren möglich zu machen. Wir versilberten deshalb Quarzplatten (senkrecht zur optischen Achse geschnitten und poliert) mit Hilfe der bekannten Glasversilberungsflüssigkeit aus Silbernitrat, Weinsäure, Invertzucker, Alkali und Wasser bestehend und photographierten das Absorptionsspektrum der so erzielten sehr dünnen Silberschicht. Es ergab sich die in Fig. 171, Nr. 10 dargestellte Absorption. Dieselbe ist schwach im Rot und Gelb und steigt über Grün zu einem mäßigen Maximum im Hellblau an; dann sinkt die Absorption allmählich gegen Ultraviolett, in dem sich eine nur äußerst geringe Absorption geltend macht, so daß selbst scheinbar undurchsichtige Silberspiegel fast das ganze Ultraviolett durchsetzen. Es läßt sich eine gewisse Analogie des Absorptionsspektrums von orangegelbem Silberüberfangglas und dünnen metallischen Silberschichten nicht verkennen, indem beide ein breites Absorptionsband vom Blaugrün bis zum Anhange des Ultraviolett zeigen und ferner beiden eine große Durchlässigkeit gegen ultraviolettes Licht zukommt. Das orangegelbe Silberüberfangglas aber zeigt eine große Durchlässigkeit gegen Orange und Gelbgrün, sowie eine äußerst intensive Absorption gegen Blaugrün bis Blau, während bei dünnen metallischen Silberschichten die Absorption im sichtbaren Spektrum sich zu keinem hervorragenden Maximum erhebt.

Dünnes Blattgold, s. Fig. 171, Nr. 11, erscheint im durchfallenden Lichte bekanntlich grün gefärbt. Wir haben das Absorptionsspektrum desselben photographiert, indem wir es zwischen Bergkristallplatten preßten und das Licht einer elektrischen Bogenlampe durchfallen ließen. Es zeigte sich eine Absorption im Rot und ein breites Absorptionsband im Blau, dessen Maximum bei *G* liegt. Gelbes, grünes, sowie blaugrünes Licht werden reichlich durchgelassen, ebenso Ultraviolett von *K* bis *O*, stärker brechbare Strahlen werden von Blattgold absorbiert, so daß Blattsilber auffallend durchlässiger hierfür als jenes ist. Auch hier fällt eine gewisse Ähnlichkeit des Absorptionsspektrums mit jenem von Goldrubin (s. oben) auf, welche noch größer ist als beim Silber. Das Maximum der Absorption des Goldrubinglases (zwischen *D* und *E*) liegt jedoch weiter gegen das brechbare Ende, als jenes des metallischen Blattgoldes.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Überblickt man die beschriebenen Untersuchungsergebnisse bezüglich der Absorptionsspektren von farbigen Gläsern verschiedener Zusammensetzung, so fallen gewisse Unterschiede der mit Metalloxyden gefärbten bleifreien und der bleihaltigen Gläser auf. Die Absorptionsspektren der letzteren sind bei den von uns untersuchten Gläsern weiter gegen das weniger brechbare Ende vorgerückt als bei den analog mit Metallverbindungen gefärbten bleifreien Glasflüssen. Dies gilt für Kupferoxyd-, Chromoxyd-, Mangan- und Eisenoxydgläser, und dementsprechend ändert sich die Farbennuance dieser Gläser mit steigendem Bleigehalte. Der Grund dieser Erscheinung dürfte in jenen Absorptionsphänomenen zu suchen sein, welche durch die Kundtsche Regel[1]) ausgedrückt werden, nach der „die Absorptionsstreifen um so mehr nach Rot hinrücken, je stärker die brechende Kraft des Lösungsmittels ist".

Wenn auch diese Regel bei weitem keine allgemeine Gültigkeit hat, und sehr viele Körper von ihr abweichend sich verhalten, so trifft sie doch bei den wichtigsten farbigen Glasmassen zu, indem die bleihaltigen Gläser durchschnittlich ein stärkeres Brechungsvermögen aufweisen als die bleifreien Gläser, und in der Tat bei ersteren die Absorptionsstreifen gegen das weniger brechbare Ende des Spektrums (d. i. gegen Rot) gerückt werden.

Die Regel scheint auch für viele gefärbte und durchsichtige Mineralien zu gelten.

Auch die Absorptionsspektren der Kobaltgläser und Borax-Kobaltschmelzen folgen ihr. Das Boraxglas besitzt einen kleineren Brechungsindex als gewöhnliches Crownglas[2]) und bei letzterem tritt die Verschiebung der Absorptionsstreifen im Sinne der genannten Regel ein. Die Absorptionsspektren von metallischem Silber und Silberüberfangglas zeigen, wie erwähnt, eine unverkennbare Analogie, wenn auch in diesem Falle die Kundtsche Regel nicht zuzutreffen scheint. Dagegen fügt sich merkwürdigerweise das Blattgold resp. dessen Absorptionsspektrum im Vergleiche mit dem in Glasflüssen gelösten Gold (Goldrubin) der Kundtschen Regel, indem das in einer Substanz von hohem Brechungsindex (in Glas gelöste) Gold die Absorptionsbänder weiter gegen das rote Ende des Spektrums verschoben zeigt, als dies beim Blattgolde für sich allein der Fall ist.

Die Analogie der Absorptionsspektren von Gold- und Silbergläsern mit den Absorptionsspektren dünner Schichten dieser Metalle selbst ist vielleicht kein Zufall, sondern kann als eine Auflösung der fein verteilten Metalle in Glasflüssen gedeutet werden. (Eder und Valenta a. a. O.)

Farbige Gläser, in der Masse gefärbt, welche genau bestimmte Spektralbezirke durchlassen, erzeugen die Glasschmelzereien von Dr. Schott in Jena auf Grund der Untersuchungen von Zsigmondi (Zeitschr. f. Instrumentenkunde 1901, Bd. 21, S. 97; Drudes Annalen 1901, Bd. 4, S. 60); es wurden Glassorten mit den Oxyden von Chrom, Kupfer, Kobalt, Nickel, Manganeisen, Uran hergestellt und die durchgelassenen Lichtzonen des Spektrums bestimmt. Da diese Gläser zum Teil im Handel erhältlich sind, so sind sie für die Experimentatoren von praktischer Bedeutung.

---

1) H. W. Vogel, Praktische Spektralanalyse irdischer Stoffe, I. Teil, Berlin 1889, S. 124.

2) Gewöhnliches Crownglas hat durchschnittlich einen Brechungsexponenten von 1,52—1,53 für D, während Borax einem solchen von 1,51 entspricht. Siehe Landolt und Börnstein, Physikalisch-chemische Tabellen, 2. Aufl., 1894, S. 385.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

3. Genaue Bestimmung der Absorption farbiger Schichten mittels der quantitativen Spektralanalyse.

Das genaue Studium des Absorptionsspektrums von Farbstofflösungen läßt sich nur mittels der quantitativen Spektralanalyse machen und zwar durch Bestimmung des Extinktions-Koeffizienten, wie dies Vierordt für seine Methode der quantitativen Spektralanalyse in Anwendung brachte[1]).

Es sei J' die Lichtstärke, welche übrig bleibt, wenn Licht von der Lichtstärke J durch eine Flüssigkeitsschicht von 1 cm Dicke hindurchgeht. Der Extinktionskoeffizient (e) nach Vierordts Bezeichnung ist der negative Logarithmus der Lichtstärke (J'), das ist $e = -\log J'$.

Bezeichnet man als Konzentration (k) der Lösung die in 1 ccm Flüssigkeit enthaltene Anzahl der Gramme der gelösten Substanz, so wird das „Absorptionsverhältnis“ (a) durch $a = \frac{k}{e}$ ausgedrückt.

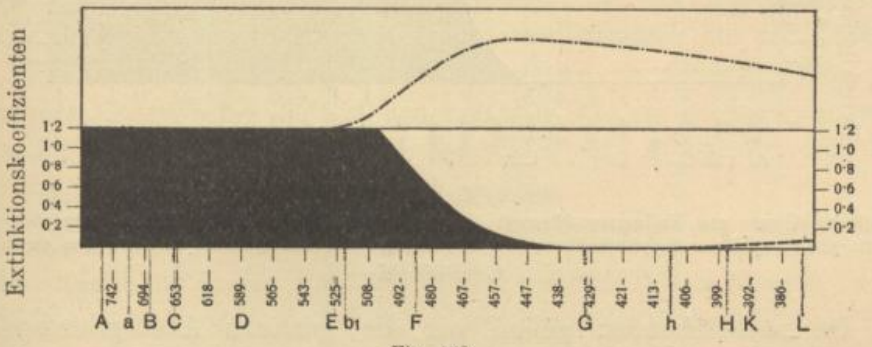


Fig. 172.

Absorptionsspektrum (prismatisches Spektrum) von Kupferoxydammoniak, bezogen auf Wellenlängen und Fraunhofersche Linien, sowie auf die Extinktionskoeffizienten. — Die obere Kurve stellt schematisch die Empfindlichkeit von Bromsilbergelatine gegen Sonnenlicht im prismatischen Spektrum dar.

Mittels dieser Methode hat Verfasser eine Anzahl von für photographische Zwecke wichtigen Absorptionsspektren von farbigen Flüssigkeiten bestimmt und graphisch dargestellt.

Blaue Kupferoxydammoniaklösung (verwendet als Lichtfilter usw.) in einer Konzentration von 20 g Kupfervitriol in Wasser unter Zusatz von Ammoniak zum Volumen von 1 Liter gelöst.

Die Fig. 172 und 173 zeigen die Absorptionskurve dieser Kupferlösung (nach Eder); hierbei sind die Wellenlängen des Lichtes als Abszissen, die Extinktionskoeffizienten als Ordinaten eingetragen. Fig. 172

---

1) Vgl. Vierordt, Anwendung des Spektralapparates zur Photometrie der Absorptionsspektren und quantitativen Spektralanalyse, Tübingen 1873. — Vierordt, Die Quantitative Spektralanalyse 1876. — Traube, Physik.-chem. Methoden 1893 — Krüß: Kolorimetrie und quantitative Spektralanalyse, 1891. (?)

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

zeigt, wie die Lichtdurchlässigkeit des Kupferoxydammoniakfilters im Blau allmählich steigt, um bei $\lambda = 430$ voll durchlässig zu erscheinen. Die darüber angebrachte punktierte Kurve stellt schematisch die Schwärzungskurve der gewöhnlichen Bromsilbergelatineplatte im Spektrum dar.

Fig. 173 zeigt die Absorptionskurve einer Lösung von Kaliummonochromat (40 g auf 1 Liter gelöst) und darüber die schematische Schwärzungskurve einer orthochromatischen Platte (Erythrosin). Man sieht, daß die Eigenempfindlichkeit des Bromsilbers durch dieses hellgelbe Filter gedämpft ist, aber die Zone der Gelbgrünempfindlichkeit nicht geschwächt wird.

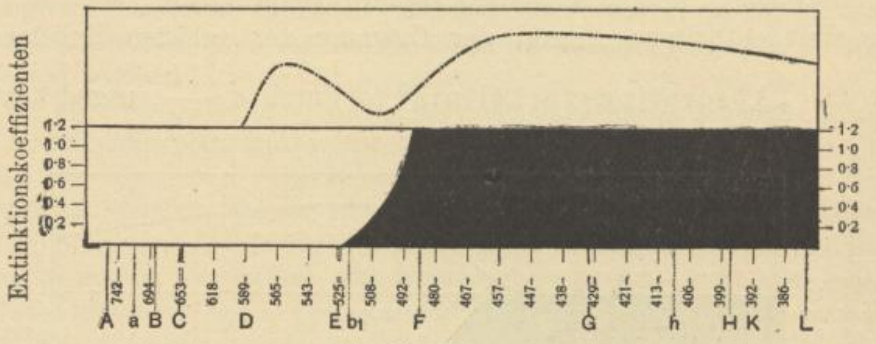


Fig. 173.

Absorptionsspektrum von Kaliummonochromat (analog dargestellt wie in Fig. 172). — Die obere Kurve stellt die photographische Empfindlichkeit von Erythrosin-Bromsilbergelatineplatten gegen das Sonnenspektrum dar.

Im nachstehenden geben wir die genauen Absorptionsspektren einiger Lichtfilter nach Eder[1]), wobei die Kurven mittels quantitativer Spektralanalyse bestimmt wurden.

Es ist keineswegs zulässig, aus dem Beginne, respektive Ende des Absorptionsspektrums, beziehungsweise der Lage des Absorptionsminimums eines Lichtfilters einen Rückschluß auf seine Verwendbarkeit zu machen. Es kommen nämlich viele Farbstoffe vor, welche für gar keine Zone des Spektrums genügend transparent sind und selbst an der Stelle der größten Durchlässigkeit das Licht meßbar dämpfen. Bei der bloßen Besichtigung des Absorptionsspektrums entgeht dies leicht dem Beobachter, aber vergleichende photographische Expositionsversuche oder besser quantitative Lichtabsorptionsmessungen bringen diese Einflüsse sehr merklich zum Erkennen.

Dies soll ein Beispiel klar machen: Das Säureviolett 4 B extra (Farbenfabriken vormals Bayer & Co. in Elberfeld) ist ein brillanter

1) Eder, Spektralanalytische Studien über Dreifarbendruck (Denkschriften der k. Akad. d. Wissensch. in Wien, 1902).

violetter Farbstoff, ähnlich wie Methylviolett, aber viel lichtbeständiger. Es gelingt leicht ein gutes violettes Lichtfilter damit herzustellen, wenn man es ungefähr 1 : 2000 in Wasser löst. Dieses Lichtfilter schneidet für Dreifarbendruck genügend ab, und zwar kann man die qualitative Lichtabsorption ganz ähnlich begrenzen, wie mit Methylviolettlösung (1 : 10000). Trotzdem braucht eine Bromsilbergelatineplatte hinter Säureviolett eine viel längere Belichtung als hinter einem dieselbe Zone begrenzenden Methylviolettfilter (s. Fig. 174).

Der Grund liegt darin, daß beim Säureviolett die herausgeschnittene Spektralzone nicht voll transparent, sondern partiell stark gedämpft ist (nicht aber beim Methylviolett), was man bei qualitativen optischen Proben nicht merkt, wohl aber bei praktischen photographisch vergleichenden Expositionsversuchen oder mittels quantitativer Spektralanalyse.

Gewöhnliche Bromsilbergelatineplatten sind für die Dreifarbenphotographie nicht ohne weiteres verwendbar, da ihre Eigenempfindlichkeit zu weit gegen Blaugrün reicht (vgl. die Photographie des Sonnenspektrums Tafel III, Nr. 1). Man muß deshalb bei der Aufnahme ein Violettfilter einschalten, um das Blaugrün zu dämpfen, und erhält dann gute Negative für die Gelbdruckplatten, wie sie an der k. k. Graphischen Lehr- und Versuchsanstalt besonders mit Erfolg für den Drei- und Vierfarbenlichtdruck verwendet werden.

Als normales Lichtfilter für die Gelbdruckplatte entsprach z. B. ein Methylviolettfilter in der Konzentration 1 : 10000 Teilen Wasser in einer Dicke von 1 cm oder ein ähnlich absorbierender Farbstoff.

Demgemäß ergibt sich die in Fig. 174, Nr. 3, graphisch dargestellte Absorptionskurve eines Methylviolettlichtfilters (1 : 10000) in 1 cm dicker Schicht; es sind hierbei die Wellenlängen des Lichtes und die dazu gehörigen Extinktionskoeffizienten mit ihren genauen Zahlenwerten eingetragen.

Die Methylviolettlösungen bleichen leider nach mehreren Wochen im Lichte aus (abgesehen von Farbenänderungen durch chemische Reaktionen) und verlieren viel von ihrer Farbenintensität.

Vergleicht man damit Eders Befund, daß Kupferoxydammoniak oder ähnliche Lichtfilter für Gelbdruckplatten das Blaugrün gleichfalls zu wenig dämpfen, vergleicht man ferner die Absorptionskurve des guten Methylviolettfilters (1 : 10000) (s. Fig. 174) mit der Kurve eines Lichtfilters von stärkerer Kupferoxydammoniaklösung, welche immer noch zu wenig bei *F* absorbiert (s. Fig. 174, Kurve Nr. 4), so sind damit Standards gegeben, welche bei weiterer Ermittlung anderer Lichtfilterarten gute Anhaltspunkte geben werden.

Von den außerordentlich mannigfaltigen Grünfiltern, welche bisher vorgeschlagen wurden (Nickel-, Kupfersalze, Malachitgrün, Säuregrün, Kombinationen derselben mit gelben Farbstoffen, Bichromat usw.), hat der Verfasser eine große Anzahl versucht und sowohl auf gelbgrünempfindliche Bromsilbergelatine als auch auf grünempfindliche Bromsilberkollodien bezogen.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Für Zwecke des Farbenlichtdruckes verwendet der Verfasser gelbgrünempfindliche Erythrosinplatten (s. oben) oder die in der Emulsion selbst gefärbten ähnlichen orthochromatischen Platten (z. B. von Schattera in Wien), welche in der Regel bessere Gradation in den Lichtern zeigen als gebadete Platten.

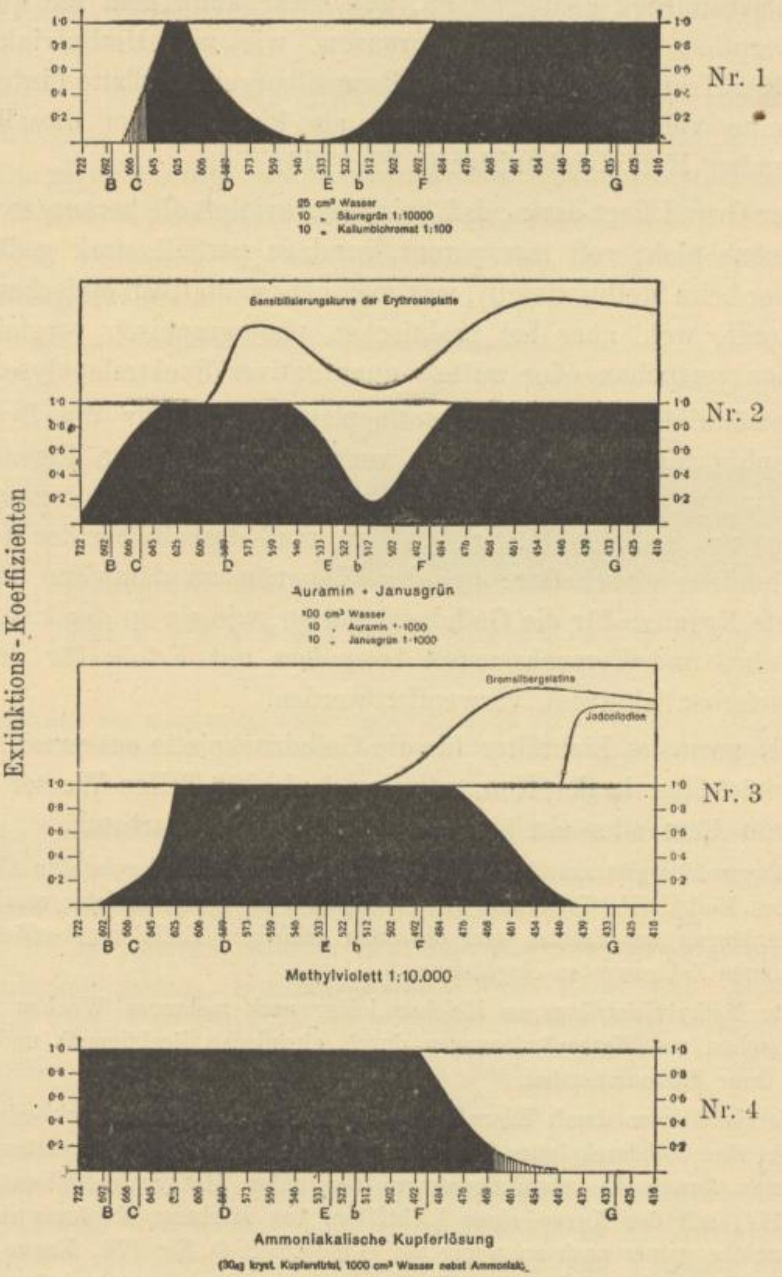


Fig. 174. Quantitative spektrokolorimetrische Prüfung von Lichtfiltern.

Sie brauchen starke Korrektionslichtfilter, deren optische Eigenschaften von größtem Einflusse auf das Gelingen sind. Die Dämpfung der Lichtstrahlen muß an der weniger brechbaren Seite des Spektrums, von Orangegelb gegen Gelbgrün (Region von der Fraunhoferschen Linie *C* bis über *D*) erfolgen, so daß die spektralphotographische Aufnahme auf einer Erythrosinplatte (Tafel III, Nr. 2) im Sinne von Tafel III, Nr. 3,

gestaltet, d. h., daß das Sensibilisierungsband vom Gelbgrün gegen Blaugrün geschoben wird. Solche Effekte kann man z. B. mit Gemischen von Janusgrün, mit gelben Farbstoffen (wie Auramin) erzielen, wie Kurve 2 in Fig. 174 andeutet. Die obere Kurve in dieser Figur deutet die Sensibilisierungskurve der Erythrosin-Bromsilbergelatineplatte an, die graphische Darstellung des Absorptionsspektrums von Janusgrün-Auramin (untere Kurve) zeigt dort ein Maximum des durchgelassenen Lichtes, wo die Empfindlichkeit der Erythrosinplatte ein Minimum hat, und man erhält durch Kombination beider eine Spektrumphotographie, worin die Hauptwirkung sich über Grün erstreckt.

Man kann mit einem solchen System in Dreifarbendruck gut arbeiten, wie Eder es früher schon angegeben hat, aber das Filter zeigte in der Folge manche Nachteile: es ist an keiner Stelle des Spektrums völlig durchlässig (s. Kurve 2, Fig. 174), braucht somit längere Belichtungen als Lichtfilter mit Neupatentblau (Fig. 175, Nr. 5), und überdies zersetzt sich gelöstes Auramin sowohl im Lichte als im Finstern von selbst, in dem es einen unlöslichen gelben kristallinischen Niederschlag fallen läßt. Übrigens ergibt dieses Filter die äußerste, kaum mehr zulässige Abschneidung von Gelbgrün.

Dadurch werden die Rotdrucknegative zu wenig im hellen Gelbgrün gedeckt und machen diese im Dreifarbendruck zu blaustichig. Aus diesen Gründen gab Eder dieses Janusgrün-Lichtfilter auf.

Ein anderes Lichtfilter, welches Baron Hübl empfahl[1]), besteht aus Säuregrün gemischt mit Kaliumbichromat[2]); ist es recht hell und für gewisse Zwecke, wo mäßige Dämpfung im Gelbgrün erforderlich ist, sehr brauchbar. Dieses Filter gibt die geringste in manchen Fällen noch zulässige, jedoch für die im Gelbgrün gewaltig empfindlichen Erythrosinplatten kaum mehr genügende Dämpfung nächst der Fraunhoferschen Linie *D* im Gelbgrün. Für manche Sorten grünempfindlicher Platten leistet dieses Lichtfilter (1 cm dick) gute Dienste, weshalb ich es hier erwähne. Die Dämpfung im Blau (nächst *F*) rückt aber hierbei etwas zu weit gegen Blaugrün vor.

Für Erythrosinplatten soll aber ein passendes Grünfilter für Dreifarbendruck das Gelbgrün mehr und das Blaugrün weniger dämpfen als das vorhin beschriebene Säuregrün-Lichtfilter. Dies erreichte man mit einem Gemisch von Ammoniumpikrat und Neu-Patentblau (Neu-Patentblau 4 B der Farbenfabriken vormals Fr. Bayer & Comp. in Elberfeld). Kurve 5 (I, II, III) in Fig. 175 zeigt die Absorptionskurven von drei verschiedenen Konzentrationen des blauen Farbstoffes und annähernd konstanter Konzentration des Ammoniumpikrates.

Als bestes Grünfilter für Erythrosinbadeplatte (Schatteras Erythrosinplatten) diente Eder die Mischung von 85 ccm Wasser, 30 ccm Ammoniumpikrat (1 : 200) und 15 ccm Neu-Patentblau (1 : 1000), deren Absorptionskurve in Fig. 175, Kurve 5 (I) dargestellt ist. Für orthochromatische Platten, deren Empfindlichkeitsmaximum nicht so sehr nach Gelb gravitiert, muß der Patentblauzusatz auf 10 ccm herabgesetzt werden (Kurve 5, II), während Monobromfluorescein-Kollodiumplatten den geringsten Blauzusatz zum Grünfilter (5 ccm) brauchen (Kurve 5, III), ja dieser ist oft schon zu stark und man wird mitunter gut tun, diese Platten ohne Farben-

---

1) Baron Hübl, Die Dreifarbenphotographie, mit besonderer Berücksichtigung des Dreifarbendruckes und der photographischen Pigmentbilder in natürlichen Farben, Halle a. S., W. Knapp, 1897.

2) Das von Eder untersuchte Säuregrünfilter bestand aus 10 ccm Säuregrünlösung (1 : 10000), 10 ccm Kaliumbichromatlösung (1 : 100) und 25 ccm Wasser, Schichtdicke bei photographischen Aufnahmen 1 cm.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

filter (resp. mit Wasserfilter) ein wenig nach zu exponieren oder der sensiblen Schicht einen kleinen Zusatz eines Eosinfarbstoffes zu geben.

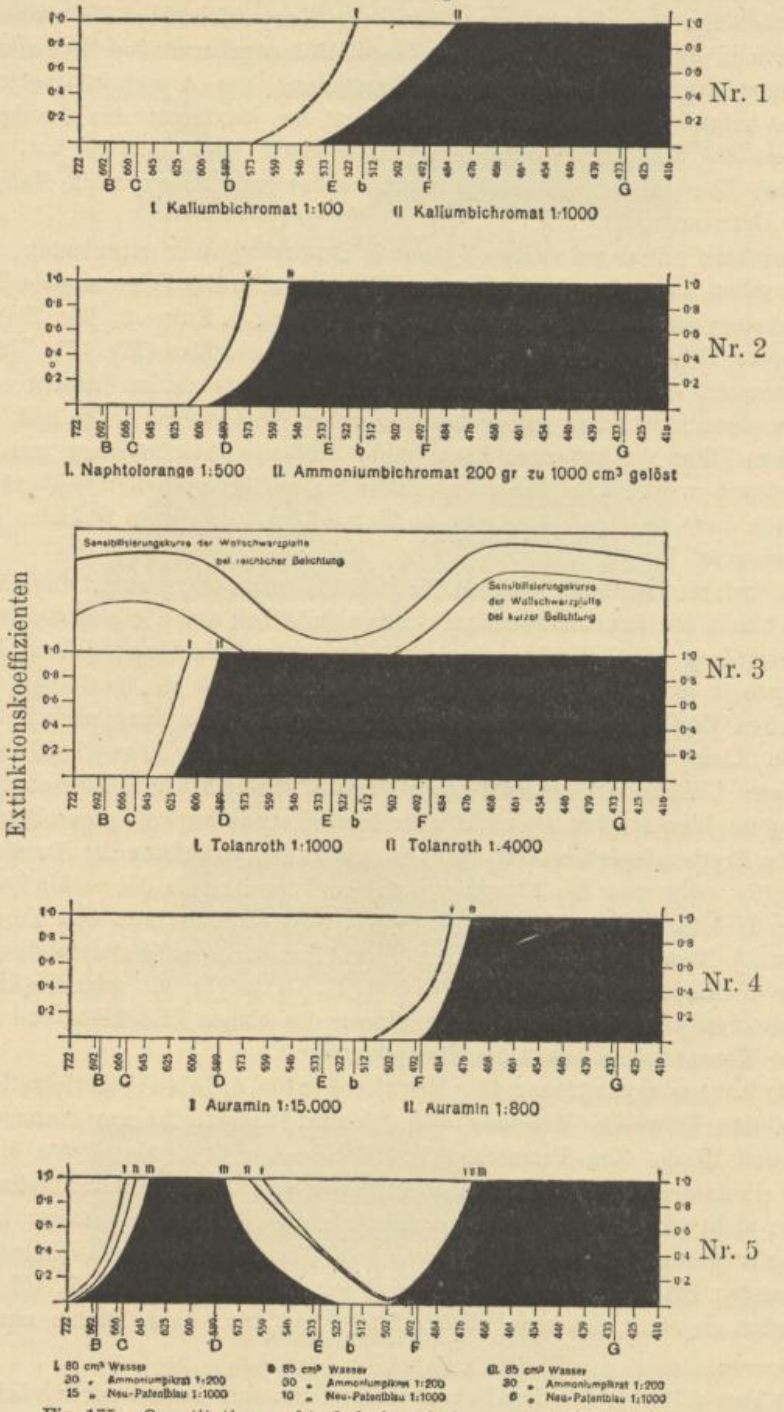


Fig. 175. Quantitative spektrokolorimetrische Prüfung von Lichtfiltern.

Die Dämpfung des Blauvioletts durch das oben angegebene Quantum Ammoniumpikrat ist für orthochromatische Aufnahmen zweckentsprechend (s. Fig. 175, Kurve 5).

Einprozentige Kaliumbichromatlösungen dämpfen das Blau und Blaugrün sehr stark und mit ziemlich steiler Kurve (s. Fig. 175, Kurve 1). Verdünntere Kalium-

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

bichromatlösungen (1 : 1000) geben eine sanft ansteigende Absorptionskurve von Grün bis Blau (s. Fig. 175), dämpfen das blauviolette Licht bei Verwendung von Erythrosinplatten, so daß man genügend „farbentonrichtige" monochrome Landschaftsphotographien oder andere Aufnahmen (monochrome Gemäldereproduktionen) damit herstellen kann. Diese Bichromatlösung (1 : 1000) ist ein Beispiel eines sehr guten milderen Dämpfungsfilters für orthochromatische Erythrosinplatten, bei denen die photographische Wirkung der blauen und violetten Pigmentfarben gedämpft werden muß (entsprechend „hellgelben" Dämpfungsfiltern aus gelbem Glase), während die Bichromatlösung 1 : 100 dem in der orthochromatischen Photographie gebräuchlichen dunkelgelben Gase entspricht und das ein energisches Dämpfungsfilter für Blau darstellt. Da diese gelben Lichtfilter wohl „Standards" für orthochromatische Aufnahmen mit Erythrosinplatten repräsentieren, so teilt Eder sowohl die quantitativen Messungen als auch eine graphische Darstellung ihrer Absorptionsspektren (s. Fig. 715, Kurve 1) mit.

Sehr dunkel gefärbte Bichromatfilter lassen sich mittels des in Wasser leicht löslichen Ammoniumbichromats herstellen, zum Beispiel Lösungen von 200 g zu 1 l. Ein mit so konzentrierter Bichromatlösung hergestelltes Lichtfilter unterdrückt von Grün ab das Blau und Violett so scharf, daß man sie in 1 cm dicker Schicht als Selektionsfilter verwenden kann, ja, es kann sogar als Orangefilter für Dreifarbendruck in Erwägung gezogen werden.

Diese 20prozentige Ammoniumbichromatlösung in 1 cm dicker Schicht steht als Orangefilter allerdings an der Grenze der Verwendbarkeit, weil es noch zu viel Gelbgrün und Grün durchläßt. Lichtfilter dieser Art sind nach meinen bisherigen Erfahrungen (namentlich mit rotempfindlichen Wollschwarzplatten und für die Druckfarbe Miloriblau) zu sehr hellorangefarbig; sie sollten mehr rotorange gefärbt sein.

Ein richtiges praktisch gut verwendbares Orangefilter gibt Naphtholorangelösung 1 : 500 in 1 cm dicker Schicht; sie geben eine Absorptionskurve, die vor der Fraunhoferschen Linie *D* beginnt und hinter derselben endet, wie Kurve 2 zeigt.

Das verwendete Naphtholorange war die Marke „Orange II" der Badischen Anilin- und Sodafabrik (ein Tropaeolin, das Natronsalz des Sulfanilsäure-Azo-β-Naphthols). Es leistete Eder sowohl in Kombination mit Wollschwarz-Gelatineplatten als auch mit Äthylviolett-Monobromfluorescein-Bromsilberkollodium stets gute Dienste bei der praktisch durchgeführten Dreifarbenphotographie.

Als praktisch minderwertiges, schlecht wirkendes Lichtfilter für das Blaudrucknegativ sei das Tolanrot angeführt, welches Eder anfänglich in Konzentrationen 1 : 4000 vielfach versuchte, dann aber wieder aufgab, weil es das Farbenspektrum zu stark nächst *D* dämpft, also den entgegengesetzten Fehler als die konzentrierte Bichromatlösung aufwies.

Die konzentriertere Tolanrotlösung (1 : 1000 und stärker) gilt übrigens in 1 cm dicker Schicht gute rote Dunkelkammerscheiben, welche rotes Licht besser abschneiden als manche Sorten von rotem Kupferrubinglas, weshalb Eder auch diesen hierfür von E. Valenta[1]) bereits angeführten Farbstoff einer eingehenden quantitativ spektralanalytischen Untersuchung unterzog. Kurve 3 in Fig. 175 gibt die Untersuchungsresultate und ein Bild der Farbendurchlässigkeit und des Absorptionsspektrums.

1) Phot. Korresp. 1901, S. 37.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Die Absorption der Lichtfilter wird für technische Zwecke nicht quantitativ-spektralanalytisch festgestellt, sondern nur qualitativ eingeschätzt.

4. Lichtfilter im allgemeinen, Schutzfilter und Lichtfilter für orthochromatische Platten und Dreifarbenphotographie.

Lichtfilter nennt man jedes lichtabsorbierende Medium, welches vom Gesamtspektrum gewisse Spektralzonen zurückhält und anderen den Durchgang frei läßt.

Zu photographischen Zwecken unterscheidet man hauptsächlich drei Gruppen von Lichtfiltern:

1. Die Kompensationsfilter,
2. die Kontrastfilter und
3. die Selektionsfilter.

Zu 1: Die sog. Kompensationsfilter sollen keine sichtbare Spektralzone vollständig auslöschen, ihre Wirkung soll eine nur dämpfende sein. Ganz unwirksam soll dagegen das Ultraviolett gemacht werden.

Zu 2: Kontrastfilter. Um bestimmte Farben eines Objekts photographisch deutlicher hervorzuheben und zu markieren, wählt man ein in dieser Farbe möglichst komplementäres Filter, sog. Kontrastfilter.

Zu 3: Als Selektionsfilter bezeichnet man die Filtersätze, welche bei der indirekten Methode der Farbenphotographie ihre Verwendung finden. Ihre Aufgabe besteht darin, zur Auswahl einzelner Farbgruppen aus dem Kolorit des Objekts beizutragen.

Lichtfilter, welche den Zweck haben, bei photographischen Prozessen schädliches Licht abzuhalten und die zur Dunkelkammerbeleuchtung dienen, nennt man Schutzfilter.

Sehr oft aber überzieht man zu diesem Zwecke gewöhnliches Glas mit gelben Schichten (Gelatine, Kollodium, Zaponlack, Eiweiß usw.). Zu den Lichtfiltern gehören auch Flüssigkeitsfilter, z. B. mit Kaliumbichromatlösung (s. S. 342).

Bei Lichtfiltern mit gefärbten Gelatineschichten oder dergl. ist die Konzentration maßgebend, welche durch die sog. „Farbstoffdichte", d. i. die Menge des Farbstoffs in Grammen auf ein Quadratmeter der farbigen Schicht, ausgedrückt wird. Eine ausführliche Monographie über Lichtfilter veröffentlichte Arthur Freiherr von Hübl „Die photographischen Lichtfilter" (Halle a. S. 1910), worin die Eigenschaften der Filterfarbstoffe und die Herstellung von Lichtfiltern aller Art beschrieben sind.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Für Dunkelkammern des nassen Kollodiumverfahrens, für Silber- und Pigment-Kopierverfahren, sowie für andere Chromatverfahren bedient man sich der gelben Silber- oder Kohlegläser (s. o.), um das aktinische Licht abzuhalten.

Hellgelbe oder grünlichgelbe Gläser lassen mehr Blau und Blaugrün durch als dunkelgelbe; orangegelbe Gläser absorbieren stark bis Blaugrün; gesättigte Lösungen an Kaliumbichromat verhalten sich ähnlich; noch starker absorbieren gesättigte Ammoniumbichromatlösungen.

Vergleicht man die bereits in Kapitel IX beschriebene Lichtempfindlichkeit der photographischen Präparate gegen die verschiedenfarbigen Strahlen des Sonnenspektrums, so kann man leicht eine Auswahl treffen, um die photographische Dunkelkammer mittels entsprechender farbiger Gläser zu erhellen.

Für das nasse Kollodiumverfahren mit Jodsilber, sowie für die Daguerreotypie sind gelbe Dunkelkammergläser vollkommen entsprechend, weil dieselben das ultraviolette, violette und indigoblaue Licht vollkommen absorbieren und das hellblaue und blaugrüne Licht stark schwächen; das durchdringende grüne, gelbe und rote Licht wirkt aber auf nasse Kollodiumplatten sehr wenig ein. Solche gelbe Dunkelkammergläser sind auch für das Kopierverfahren mit Chlorsilber, Chromsalzen, Eisenoxalat zu verwenden. Dagegen genügt gelbes Glas nicht für hochempfindliche Bromsilbergelatineplatten oder Jodbromgelatineplatten, weil diese für hellblaues und blaugrünes Licht noch sehr empfindlich sind und solches Licht durch gelbes Glas und sogar orangegelbes Glas durchdringt. Allerdings verwendet man auch für diesen Zweck orangegelbe oder gelbgrüne Gläser, muß aber dann das Licht dämpfen und darf die Trockenplatten nur kurze Zeit diesem weniger schützenden Lichte aussetzen. Für Bromsilbergelatineplatten ist am sichersten das rote Überfangglas (Kupferoxydulglas) oder ähnliche rein rote Schichten, während das Rubin-Goldglas eine ziemliche Menge von blauem und violettem Lichte durchläßt, welches nach längerer Zeit auf die empfindliche Schicht wirkt.

Für Chlorsilberschichten ist sogar das weiße, durch Chininsulfat oder Aeskulin gegangene Licht sehr unwirksam und eventuell zur Erleuchtung der Dunkelkammer zu verwenden, weil es das ultraviolette Licht bis über den Anfang des Violett absorbiert, welches Licht auf Chlorsilber am meisten einwirkt; jedoch ist gelbes Glas sicherer, weil es auch das sichtbare Blauviolett absorbiert.

Bleichromat, in Gelatine emulgiert, absorbiert Blauviolett bis Ultraviolett.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Wichtig ist die Verwendung gelber Lichtfilter bei photographischen Aufnahmen mit orthochromatischen Platten, um das meisens allzustark photographisch wirkende Blau zu dämpfen; sie sollen das Grün, Gelb und Rot aber möglichst wenig absorbieren. Hierzu dienen hellgelbe bis orangegelbe Schichten von verschiedener Färbung. Am günstigsten sind jene Farbstoffe, welche das Violett und Blau mit steigender Konzentration allmählich stärker absorbieren und bei welchen die Absorption mit steigender Konzentration allmählich weiter gegen Grün rückt; übrigens leisten auch ziemlich schroff abschneidende Farbstoffe („strenge Lichtfilter") gute Dienste in der orthochromatischen Landschaftsphotographie. Man färbt mit den Farbstoffen Kollodium oder Gelatine und überzieht damit Glasplatten oder verwendet sie in Form von Häutchen.

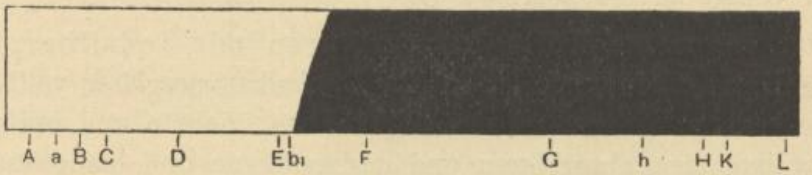


Fig. 176. Absorptionsspektrum von Filtergelb.

Gewisse reingelbe Farbstoffe, welche die Strahlen kürzerer Wellenlänge ziemlich schroff zwischen E und F im Blaugrün abschneiden, wirken recht gut behufs Zurückdrängung des Blau und Violett. Hierher gehört der als Gelbfilter für orthochromatische Aufnahmen, unter der Bezeichnung Filtergelb K von den Farbwerken vorm. Meister Lucius & Brüning in Höchst a. M. in den Handel gebrachte Farbstoff. Das Absorptionsspektrum der damit gefärbten Gelatine[1]) reicht bis zu den Fraunhoferschen Linien b_1 $^1/_2$ F (Fig. 176). Besonders bemerkenswert ist, daß der Farbstoff vollständig die ultravioletten Strahlen abschneidet. Sehr viele zu Lichtfiltern verwendete gelbe Farbstoffe (wie z. B. Tartrazin) lassen etwas Ultraviolett durch, welches wohl bei den meisten orthochromatischen Aufnahmen nicht besonders in Betracht kommt, weil dieser Teil des Spektrums größtenteils durch das Glas der Objektive verschluckt wird, aber es ist für manche Zwecke sehr wertvoll, ein Gelbfilter zu besitzen, welches das Ultraviolett so vollständig absorbiert, wie dies beim Filtergelb K der Fall ist. Deshalb ist dieser Farbstoff zur Herstellung von Kontrastfiltern und Dunkelkammerscheiben vor-

1) 1 g Filtergelb wird in 20 ccm Wasser gelöst. 100 ccm sechsprozentige Gelatinelösung werden mit 20 ccm dieser Gelblösung angefärbt und filtriert. Man gießt 7 ccm gelbgefärbter Gelatinelösung auf 100 ccm Plattenoberfläche und verkittet je eine Gelbscheibe mit einer reinen Spiegelscheibe mittels in Chloroform gelösten Kanadabalsams, welchen Merck in Darmstadt in den Handel bringt (Novak).

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

züglich geeignet (Novak, Phot. Korresp. 1906, S. 384; Eders Jahrb. f. Phot. 1907, S. 302).

König gibt im Jahre 1908 folgende Rezepturen für Gelbfilter.

Lsg. 1)	1 g Rapidfiltergelb (Höchst), 200 ccm Wasser.	Lsg. 2)	15 g Gelatine (hart), 250 ccm Wasser, 20 ccm Alkohol.

Zum Gebrauche:

A)	1,5 ccm Lsg. 1, 60 ccm Lsg. 2, 10,5 ccm Wasser.	C)	6 ccm Lsg. 1, 60 ccm Lsg. 2, 6 ccm Wasser.
B)	3 ccm Lsg. 1, 60 ccm Lsg. 2, 9 ccm Wasser.	D)	12 ccm Lsg. 1, 60 ccm Lsg. 2.

Mit einer dieser vier Mischungen Nr. 156 A bis D überzieht man sauber geputzte Spiegelplatten, auf 100 qcm Plattenoberfläche ebenfalls 7 ccm der Farbgelatine. Die Gelbfilter werden aus je zwei derart gefärbten Scheiben zusammengekittet. — Man erhält so vier Gelbfilter, von denen jedes genau doppelt so stark gefärbt ist wie das vorhergehende. C verlängert bei guten gelbgrünempfindlichen Platten die Belichtungszeit auf das Doppelte.

Sehr gut für orthochromatische Aufnahmen sind auch die gelben Auraminfilter. — Methylorange, Aurantia usw. absorbieren bis ins Grün und sind strenge Filter.

Viele gelbe Teerfarbstoffe absorbieren im sichtbaren Teile Violett und mehr oder weniger Blau, lassen aber Ultraviolett durch, so z. B. Pikrinsäure[1]), Tartazin[2]) usw.

Tafel III Nr. 3 zeigt die allmähliche Dämpfung des Blau im Sonnenspektrum durch Vorschalten mäßig starker Gelbfilter, Nr. 4 die schroffe Absorption das ganzen violetten, blauen, grünen und gelben Lichtes durch dunkles Kupferrubinglas.

---

1) Intensiver gefärbte Pikrinsäurelösungen oder Gelatine- oder Kollodiumschichten schwächen den Gehalt des Tageslichtes an Ultraviolett so bedeutend, daß dasselbe keine Rolle bei photographischen Prozessen führt. Will man es aber völlig beseitigen, so muß man Aeskulin oder dgl. beimischen.

2) Ein sehr helles gelbes Dämpfungsfilter, wodurch ein Teil des einfallenden blauen und violetten Lichtes absorbiert wird, und welches manchmal bei Reproduktionen mit orthochromatischen Platten gute Dienste leistet, wurde von E. J. Wall (Brit. Journ. Phot. 1906, S. 751) angegeben. Um dasselbe herzustellen, werden 0,25 g Tartrazin in 100 ccm Wasser aufgelöst. 100 ccm sechsprozentige Gelatinelösung werden mit $4^1/_2$ ccm dieser Farbstofflösung angefärbt und filtriert. Von der angefärbten Gelatinelösung werden 7 ccm auf 100 qcm Spiegelglas gegossen. Je zwei Gelbscheiben werden mit Kanadabalsam verkittet.

Vergleichende Aufnahmen mit orthochromatischen Platten ergaben, daß die Expositionszeiten ohne Gelbscheibe mit dem Wallschen Dämpfungsfilter und dem mit Filtergelb hergestellten Novakschen Kontrastfilter sich verhalten wie $1 : 1^1/_2 : 2$.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Gelbfilter für Autochromaufnahmen.

Die Aufnahmen mit Autochromplatten erfordern bekanntlich zur richtigen Wiedergabe der Farbentöne eine Gelbscheibe.

a) Gelbfilter bei Aufnahmen mit Tageslicht stellt Dr. König in Höchst a. M. mittels der Farbstoffe der Farbwerke Meister Lucius & Brüning in Höchst a. M. in folgender Weise her:

Man versetze 100 ccm sechsprozentige Gelatine mit

12 „ Rapidfiltergelb K (1 : 200 Wasser)[1]),
4 „ Kristallponceau (1 : 800 Wasser),
4 „ Wasser.

Die angefärbte Gelatine wird filtriert. Man gießt 7 ccm davon auf 100 ccm Plattenfläche und verkittet je zwei gefärbte Glasplatten mit Kanadabalsam in Chloroform gelöst.

Dieses Filter, welches sich für Tageslichtautochromaufnahmen sehr gut eignet, ist für Aufnahmen mit Blitzlicht zu streng.

b) Nach Dr. Novak (Eders Jahrb. f. Phot. 1911, S. 190) erhält man ein gutes Lichtfilter für Blitzlichtautochromaufnahmen bei Verwendung des Gemenges von 1 Teil Thoriumnitrat (wasserfrei) und 2 Teilen Magnesium mit folgender Vorschrift:

Man versetze 100 ccm sechsprozentige Gelatine mit

15 „ Rapidfiltergelb K (1 : 200 Wasser),
4 „ Kristallponceau (1 : 800 Wasser),
4 „ Wasser.

Die angefärbte Gelatine wird filtriert. Man gießt 7 ccm davon auf 100 ccm Plattenfläche und verkittet eine gefärbte und eine blanke Glasscheibe mit Kanadabalsam in Chloroform gelöst.

Gelbe Lichtfilter in der photographischen Schicht selbst.

Bei allen farbenempfindlichen Platten tritt die Eigenempfindlichkeit des Bromsilbers für die blauen Strahlen noch zu sehr hervor, so daß man, um farbige Gegenstände in ihren richtigen Tonwerten wiederzugeben, genötigt ist, eine Gelbscheibe anzuwenden, welche die blauen Strahlen mehr oder weniger abschwächt.

Die Anwendung eines Gelbfilters bringt verschiedene Nachteile mit sich: die Schärfe des Bildes wird bei mangelhaft planparallelem Schliff der Gläser oft beeinträchtigt, die Filter sind an manchen Kameras nur schwierig oder gar nicht anzubringen und bedingen stets nicht nur durch Absorption, sondern auch durch Reflexion einen ziemlich großen Lichtverlust.

Man verlegt deswegen bei sogenannten orthochromatischen, d. h. gelbgrünempfindlichen Platten, das Gelbfilter mit bestem Erfolg in die Schicht, indem man der Emulsion geeignete gelbe Farbstoffe zusetzt.

Die Farbwerke vorm. Meister Lucius & Brüning in Höchst a. M. bringen (1910) gelbe Farbstoffe in den Handel, welche sowohl dem

---

1) Die genannten Filterfarbstoffe sind bei den Farbwerken Meister Lucius & Brüning in Höchst a. M. erhältlich.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Erythrosin, als auch dem Pinachrom oder Pinacyanol behufs Blaudämpfung zugesetzt werden, solche Gemische mit gelben Schirmfarbstoffen heißen „Pinorthol“ oder Erythrosin-Filtergelb.

Grüne Dunkelkammerfenster (resp. Flüssigkeitsfilter) lassen sich mittels Gemischen von Säuregrün (blaustichig) aus Naphtolgrün und Tartrazin herstellen; sie geben für sehr rotempfindliche Platten, welche ein Empfindlichkeitsminimum im Grün besitzen, einen guten Schutz (Haberkorn, Jahrb. f. Phot. 1907, S. 308). In neuerer Zeit kam Baron Hübl speziell auf das Naphtolgrün wieder zurück[1]).

Rote Scheiben für Dunkelkammern ergibt das Kupferrubin. Die Kombination von Goldrubinglas und rotem Kupferglas gibt ein sehr unwirksames tiefrotes Licht, welches nahezu reines Rot ist. Der Effekt anderer Kombinationen ist aus der Fig. 170 und 171 zu entnehmen.

Rose bengal läßt Rot und Orange durch, zeigt ein Absorptionsband im Gelb und Grün, und ist dann wieder für Blauviolett durchlässig; schneidet man letzteres durch ein Gelbfilter ab, so bleibt nur ein schmaler Bezirk der Durchlässigkeit in Rot und Orange übrig. Noch weiter ins Dunkelrot schneidet eine Kombination von Methylviolett usw. mit gelben Farbstoffen oder Tolanrot ab. Diese und ähnliche Kombinationen mit grünen Teerfarben, welche oft ein schmales Band im Dunkelrot durchlassen, gestatten zahlreiche Variationen.

Tolanrot ist in starker Lösung nur für Rot bis Orangegelb (ähnlich wie rotes Kupferglas) durchlässig, ohne merklich Violett durchzulassen, während Anilinrot, Eosin usw. nur starke Absorptionsbänder im Grün zeigen, aber außer Rot und Orange, eventuell Gelb, auch viel Violett durchlassen. Eingehenderes s. Formanek, Spektralanalytischer Nachweis künstl. organ. Farbstoffe, Berlin 1900, 2. Aufl. 1908—1911. — Ferner H. Ley, Die Beziehungen zwischen Farbe und Konstitution, Leipzig 1911.

Die für Dreifarbenphotographie verwendeten Platten von hoher Rotempfindlichkeit (z. B. gewisse Gelatineplatten, mit Cyanin oder manchen Isocyaninen sensibilisiert, Äthylviolett und Bromsilberkollodium) zeigen

---

1) Hübls Vorschrift („Lichtfilter“ S. 78) zur Herstellung von Grünfiltern für Autochromdunkelkammern lautet: 120 g Gelatinelösung (8 : 100), 1 g Naphtolgrün, 4 ccm Filterblaulösung (1 : 100). Das Filterblau der Höchster Farbwerke löst sich nur bei Zusatz von Ammoniak (1 Filterblau, 100 Wasser und 1 Ammoniak wird in der Wärme gelöst). Von dieser Farbgelatine trägt man 7 ccm pro 100 qcm Glasplattenfläche auf. Durch relative Vermehrung des Farbzusatzes etwa um ein Drittel werden dunklere Filter erhalten.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

meistens ein Minimum im Grün und werden deshalb in besonderem grünem Dunkelkammerlicht entwickelt[1]). Gelbgrünempfindliche Platten können bei dunkelrotem Licht verarbeitet werden. Sog. panchromatische Platten sollen eigentlich für alle sichtbaren Farben empfindlich sein und verlangen Verarbeitung in absoluter Finsternis. In der Praxis erscheinen jedoch meistens diese Platten für Orangerot, nicht aber fürs dunkle Rot sensibilisiert und man benutzt Dunkelkammerscheiben, welche nur Licht von der Fraunhoferschen Linie nächst *A* bis *B* (etwas gegen *C*) durchlassen; oder man rechnet mit einem meist vorhandenen Minimum im Blaugrün und benutzt derart gefärbtes, jedoch stark gedämpftes Licht zur Erhellung der Dunkelkammer.

In neuerer Zeit erscheint die Herstellung von roten, gelben und grünen Dunkelkammerscheiben wesentlich erleichtert, nachdem die Höchster Farbwerke (Meister Lucius & Brüning) spektroskopisch geprüfte Farbstoffe in den Handel bringen, die in Gelatinelösung aufgelöst und auf Glas gegossen werden. Dies „Rot für Dunkelkammerlicht" läßt nur Licht von λ 700 bis 620 $\mu\mu$ durch (geeignet für gelbgrünempfindliche Platten). Das „Grün für Dunkelkammerlicht" läßt nur Rot von λ 700 bis 670 $\mu\mu$ und Blaugrün von λ 550 bis 515 $\mu\mu$ durch; es entsteht ein fahles angenehmes Mischlicht, welches für gewöhnliche und gelbgrünempfindliche orthochromatische Platten verwendbar ist. „Dunkelrot für Dunkelkammerlicht" läßt nur das äußere Rot von λ 700 bis 670 $\mu\mu$ durch und einen ganz schmalen Bezirk von Blaugrün (λ 540 bis 520 $\mu\mu$); dieser Farbstoff erscheint am Tageslicht grün, bei Lampenlicht rot; es eignet sich für Orthochrom-, Pinachrom- und Pinaverdolplatten, ist aber für Pinacyanol- und Dicyaninplatten (welche für Dunkelrot sehr empfindlich sind) nicht sicher.

Genaue Gebrauchsanweisung gibt die Firma Meister Lucius & Brüning in Höchst a. M.

5. Lichtfilter für Dreifarbenphotographie

sollen das Spektrum ungefähr in drei Teile, welche den Grundfarben (s. S. 12) entsprechen, zerschneiden, wovon der erste Teil Rot bis Gelb (z. B. etwas über die Fraunhofersche Linie *D* bis zu Beginn des Gelbgrün), der zweite, daran anschließend oder ein wenig ins Hellgelb oder Gelbgrün übergreifend, bis Blaugrün abschneidet, der dritte Teil hauptsächlich Blauviolett enthält. Man muß jedoch (je nach der Natur der farbenempfindlichen Platten) in der Praxis bei den ver-

1) Vgl. Eders Jahrb. f. Phot. 1911.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

schiedenen Methoden der Dreifarbenphotographie die Intensität der Filter verändern, um gleichsam die Farbengradation der Negative zu beeinflussen, ganz ähnlich, wie man auch in der Schwarzphotographie den Charakter des Negatives den Eigentümlichkeiten des Kopierpapieres anpaßt. Ändert man jedoch die Grundfarben, dann müssen allerdings auch die Teilbilder verändert, also die Filter modifiziert werden. Darin liegt der Grund, warum man beim Dreifarbendruck mitunter etwas andere Filter zur Anwendung bringt als bei der Dreifarbenprojektion; jedoch ist der Unterschied nicht groß und man kann in der Praxis nur eine einzige Art von Lichtfiltern ohne viel Schaden verwenden. Man verwendet „additive" und „subtraktive" Filter, und verbindet mit diesen Bezeichnungen die Anschauung, daß die Notwendigkeit beider Filterarten durch einen prinzipiellen Unterschied zwischen der additiven und subtraktiven Farbenmischung bedingt wird. Die Bezeichnung Filter für „Dreifarbendruck" und für „Dreifarbenlichtbilder" ist zutreffender (Baron Hübl). Was die Farbe der Aufnahmefilter anbelangt, so ist zunächst zu berücksichtigen, daß dieselbe bei gleicher Wirksamkeit sehr verschieden sein kann, denn die spektroskopischen Eigentümlichkeiten des Filters müssen der Plattensensibilisierung angepaßt werden. Ein Gelbfilter kann ja bekanntlich vor einer mit Erythrosin sensibilisierten Platte dasselbe leisten, wie ein Grünfilter vor einer Pinachromplatte. Bei panchromatischen Platten dagegen steht die Farbe des Filters in engem Zusammenhange mit den Grundfarben[1]).

Für Zwecke der Dreifarbenphotographie hat besonders König helle Lichtfilter (orange, grün, blauviolett) zusammengestellt und in seinem Werke beschrieben. Die Filter selbst werden von den Farbwerken in Höchst a. M. in den Handel gebracht. Selbstverständlich übt die spektrale Zusammensetzung des Lichtes (Sonnenlicht, elektrisches Bogenlicht, Magnesiumlicht) einen beträchtlichen Einfluß auf die Farbenwiedergabe bei Farbrasterplatten aus; deshalb sind die Lichtfilter für Tageslicht und künstliches Licht entsprechend zu variieren.

Trockenfilter für Dreifarbenphotographie bei Tageslicht.
(Nach Farbwerke vorm. Meister Lucius & Brüning.)

Für Pinachromplatten abgestimmt.

Von der nach den folgenden Vorschriften hergestellten Farbegelatine a bis c werden jedesmal 7 ccm auf je 100 qcm Plattenoberfläche gegossen.

Die Trockenfilter werden aus zwei solchen gefärbten Scheiben, die mit Kanadabalsam zu verkitten sind, zusammengesetzt.

100 ccm 6proz. Gelatinelösung werden jedesmal mit 20 ccm der Farblösung versetzt und filtriert.

1) Hübl, Atelier des Photographen 1906, S. 84.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

a) Blaufilter.

A. mit Kristallviolett.

4 g Kristallviolett werden unter Zusatz von
5—6 Tropfen Essigsäure in
350 ccm Wasser in der Wärme gelöst.

B. mit Filterblau.

1 g Filterblau wird in 180 ccm Wasser heiß gelöst.

Dieses Filter zeichnet sich vor dem Blaufilter A durch bedeutend größere Lichtechtheit aus.

b) Grünfilter.

4 g Rapidfiltergrün I werden in
300 ccm Wasser heiß gelöst.

c) Rotfilter.

5 g Rapidfilterrot I werden in
200 ccm Wasser warm gelöst.

6. Zusammenhang zwischen Lichtabsorption eines Lichtfilters und des photographischen Effektes auf lichtempfindlichen Platten.

Die Gelbscheibe ist bei Landschaftsaufnahmen mit orthochromatischen Platten oder Films sehr wichtig, fast unentbehrlich, muß jedoch vernünftig angewendet werden. Während für Hochgebirgs- und Seeaufnahmen die dunkelgelbe bis orangegelbe Sorte zu verwenden ist, wird für Landschaften in der Ebene, Städtebilder und auch Porträts in der Regel eine hellere Gelbscheibe genommen. Es kommen entsprechend nuancierte Gelbscheiben in den Handel, von blaßgelb bis reingelb, ferner Orangegelbscheiben, teils mit gefärbter Gelatine überzogen, teils massiv gefärbte Gläser; teils verwendet man Folien, teils Flüssigkeitslichtfilter.

Sind die orthochromatischen Platten sehr stark gelbgrünempfindlich, so genügen schwache Dämpfungsfilter für Blauviolett, um bei Gemäldereproduktionen oder Landschaftsaufnahmen farbentonrichtige Wiedergabe der Helligkeitswerte zu erhalten; mitunter sind solche Gelbscheiben ganz entbehrlich, dagegen sind bei mangelhaft orthochromatischen Platten sehr dicke gelbe Lichtfilter erforderlich.

Wallace gibt im Astro-physic. Journ. (Brit.-Journ. Phot. 1907, S. 8 und 25) eine Formel zur Bestimmung jener Lichtabsorption von farbigen Lichtfiltern, welche zur Erzielung eines gewissen photographischen Effektes bei farbenempfindlichen Platten erforderlich ist. Wenn man das Spektrum auf einer photographischen Platte photographiert und die Schwärzung des Negatives in den verschiedenen Spektralregionen mischt, so sei D die Schwärzung für eine bestimmte Wellenlänge des Lichtes, c ist der gewünschte Schwärzungsgrad des Negatives, γ der Entwicklungsfaktor und e der Absorptionskoeffizient

des Lichtfilters in der gegebenen Region des Spektrums. Dann gilt die Formel:

$$e = \frac{D - c}{\gamma}.$$

Die Experimente Wallaces bekräftigen seine Formel.

7. Absorption von Licht in Wasser und farblosen organischen Substanzen.

Absorption von Licht durch dicke Wasserschichten in Seen. Schon im Jahre 1883 wies F. A. Forel nach, daß die absolute Dunkelheitsgrenze für Chlorsilberpapier im Genfer See im Frühling in einer Tiefe von 45 m, im Winter von 100 m liegt. Später wurde durch die Versuche von Dr. G. Asper im Züricher und Wallensteiner See und von Fol und Sarasin im Genfer See gezeigt, daß für hochempfindliche Bromsilbergelatineplatten die Grenze doppelt so tief liegt. (Vgl. Forel, Revue Suisse 1889, S. 84 und Phot. Wochenbl. 1889, S. 351, wo auch neuere Versuche beschrieben sind.)

Über das Absorptionsspektrum des Wassers s. Kayser, Handbuch der Spektroskopie, Bd. III, S. 390, ferner auch H. Ley, Die Beziehungen zwischen Farbe und Konstitution, Leipzig 1911.

Methylalkohol und Äthylalkohol sind sehr durchlässig für Ultraviolett bis ca. λ 400; auch die normalen Fettsäuren absorbieren wenig Ultraviolett. Dagegen absorbieren Benzol, Phenol und ihre Abkömmlinge sehr stark das Licht kürzerer Wellenlängen; auch Terpene zeigen im Ultraviolett starke Absorption. (Wir verweisen auf Kaysers Handbuch der Spektroskopie 1905, Bd. III.)

Bei einer norwegischen Tiefsee-Expedition fand Helland-Hansen, daß bis zu 1000 m Tiefe Licht in bedeutender Menge mittels Bromsilbergelatineplatten nachweisbar ist, während die Platten in 1700 m Tiefe nicht mehr die geringste Einwirkung zeigten. Die ultravioletten und blauen Strahlen gehen am tiefsten, dann folgen die grünen, und die geringste Tiefe erreichen die roten Strahlen (Phot. Korresp. 1910, S. 460).

8. Ultraviolett durchlässige Lichtfilter. — Woods schwarzes Lichtfilter.

Manche Farbstoffe oder Farbstoffkombinationen lassen nur unsichtbares Ultraviolett durch. Hierher gehört das Woodsche Filter[1]) mit Nitrosodimethylanilin, welches in Kombination mit Kobaltglas und grünem Glas das sichtbare Licht ausschaltet und nur eine Zone Ultraviolett durchläßt. Es ist für das Auge scheinbar undurchsichtig, aber gestattet die Aufnahme photographischer Bilder.

---

1) Astrophys. Journ. 1903, Bd. 17, S. 133. — Physik. Zeitschr. Bd. 4, S. 337.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Hartley empfiehlt zu demselben Zwecke eine Kombination von Nitrosodimethylanilin mit salzsaurem Rosanilin.[1])

Das von Zeiß in Jena erzeugte dunkle Violett-Uviolglas absorbiert alle Strahlen mit Ausnahme der blauen, violetten und ultravioletten. Kombiniert man es mit einer gelben Gelatinefolie, die entweder mit dem von R. W. Wood für diesen Zweck empfohlenen Dimethylnitrosoanilin oder einem anderen hierfür geeigneten, gelben Farbstoff[2]) gefärbt war, so erhält man eine völlig undurchsichtige schwarze Schicht, von der man kaum glauben sollte, daß sie, als Filter vorgeschaltet, doch das Exponieren einer Platte gestattet. Es wirkt hierbei nur ultraviolettes Licht. Man muß 250fach länger belichten als mit freiem Objektiv ohne Filter. Viele Farben (schwarze, rote, gelbe, grüne) reflektieren reichlich Ultraviolett, so daß sie photographische Bilder geben (Hübl, Wiener Mitt. 1907, S. 155).

Zur Herstellung von Ultraviolettfilter kombiniert Kalahne[3]) Woods Nitrosodimethylanilin, welches für das Intervall λ 400—280 $\mu\mu$ durchlässig ist, mit Jenaer Blauviolettglas, um für die sichtbaren Strahlen noch größere Undurchlässigkeit zu erzielen. Lehmann kombiniert den Woodschen Farbstoff mit Jenaer Blau-Uviolglas, welches die Ultraviolettdurchlässigkeit des Nitrosodimethylanilin besser ausnützt als anderes Glas; es ist aber im Rot ein wenig durchlässig. Zur Gewinnung reinen ultravioletten Lichtes durch Absorption benutzt Lehmann Nitrosodimethylanilin in Kombination mit Jenaer Blau-Uviolglas und Kupfersulfat. Die beiden Wände der Küvette für die Kupfersulfatlösung sind als Filter ausgebildet und bestehen aus Blau-Uviolglasplatten. Auf die Außenfläche der einen Wand ist das Nitrosodimethylanilin in Gelatine präpariert. Das Filter dient zur direkten und photographischen Beobachtung ultravioletter Strahlen, vor allem aber zu Versuchen auf dem Gebiete der Photolumineszenz. Über das Verhalten von Silberspiegel s. S. 339.

Das von Wood zuerst für Ultraviolettfilter empfohlene Nitrosodimethylanilin ist durchlässig für Ultraviolett von λ 400 oder 386 $\mu\mu$ bis ca. λ 280 $\mu\mu$ und absorbiert kräftig von λ 386 bis 496 $\mu\mu$. Triamidoazobenzol läßt grünes, blaues, violettes und ultraviolettes Licht bis λ 320 $\mu\mu$ durch. Säuregelb (von Halliday) absorbiert von λ 466 $\mu\mu$ bis weit ins Ultraviolett, läßt aber einen schmalen Streifen von kurzwelligem Ultraviolett bei λ 330 $\mu\mu$ durch. Acridingelb

1) Vgl. Kayser, Spektroskopie, III, S. 540.

2) Vgl. Phot. Korresp. 1903, S. 483. E. Valenta: „Absorption und Sensibilisierungsvermögen einiger gelber Farbstoffe."

3) Physikalische Zeitschrift 1904, Bd. 5, S. 415.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

läßt im Ultraviolett einen Streifen um λ 350 $\mu\mu$ durch. Kanariengelb ist von λ 386 bis 328 $\mu\mu$ durchlässig (Valenta, Phot. Korresp. 1903).

9. Lichtreflexion von Naturobjekten und farbigen Pigmenten.

Ein Körper reflektiert Licht um so regelmäßiger, je glatter seine Oberfläche ist; er reflektiert um so mehr diffus, je rauher die Oberfläche ist. Dabei dringen die Strahlen bis zu einer gewissen Tiefe ins Innere der Körper ein und werden dort nach Absorption eines der Farbe des Körpers entsprechenden Teiles zurückgeworfen. Über das diffuse Reflexionsvermögen eines Körpers für senkrecht einfallendes Licht, die sog. Albedo s. Seite 74.

Über Reflexionsgesetze von diffus reflektierenden Körpern, z. B. einer von der Sonne beschienenen weißen Mauer, siehe Liebenthal, Praktische Photometrie 1907, S. 78.

Der Lichtverlust bei der Reflexion von verschiedenen Gegenständen ist sehr variabel. Setzt man die optische Helligkeit des auf den Körper fallenden Tageslichtes = 100, so wird nur ein Teil des Lichtes reflektiert, und zwar ist der Lichtverlust in Prozenten des einfallenden Lichtes, wie nachfolgende Tabelle zeigt:

Gegenstand	Lichtverlust in Prozenten
Silberspiegel und andere hochpolierte Metallspiegel	8 bis 10
Glasspiegel mit Silberbelag	23,5
Frisch gefallener Schnee	22
Weißes glattes photographisches Rohpapier	30
Helles Orange, Gelb und Grün	45 bis 60
„ Blau	70
Dunkles Blau, Grün und Rot	84 bis 94
Weißer Sandstein	76
Dunkle, feuchte Ackererde	92
Schwarzes Papier	95
„ Tuch	99
Schwarzer Sammet	99,6

Bei farbigen Pigmenten kommt noch die selektive Absorption in Betracht, durch welche einzelne Zonen des Spektrums teils ausgelöscht, teils geschwächt werden, während die farbigen Strahlen (welche der Eigenfarbe des Pigments entsprechen) reflektiert werden. Es kommt hier noch der Unterschied zwischen Deck- und Lasurfarben in Betracht.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Die Wirkung von gefärbten Pigmenten (Malerfarben, gefärbten Zeugen usw.) ist ebensowenig wie die von gefärbten Gläsern identisch mit jener der Spektralfarben, ja der photographische Effekt einer Farbe ist außer von der Farbennuance noch von mehreren anderen Faktoren, insbesondere der Art der verwendeten photographischen Platte abhängig.

Babbage[1]) machte schon 1857 aufmerksam, daß die photographische Wirkung einer gefärbten Schicht im reflektierten Licht abhängt: 1. von der Farbe allein; 2. von der Natur des photographischen Verfahrens (Daguerreotypie, Kollodionverfahren usw.); 3. von der chemischen Zusammensetzung der Farbe; 4. von der Natur des Bindemittels oder Lösungsmittels der Farbe (Gummi, Öl, Alkohol usw.); 5. von der Natur der Oberfläche (geglättet oder nicht) und dem Stoffe selbst (Papier, Porzellan usw.); 6. es werden die relativ verschieden starken Intensitäten derselben Farben mitunter gleich stark zu verschiedenen Zeiten desselben Tages; 7. sind diese verschiedenen relativen Intensitäten verschieden an verschiedenen Tagen; 8. werden diese verschiedenen Intensitäten durch die Natur des photographischen Verfahrens geändert.

Dazu kommt noch, daß polychrome Objekte (Gemälde usw.) bei Tageslicht einen anderen Helligkeitswert der Farben aufweisen als bei Lampenlicht (das zu arm an Blauviolett ist) oder bei elektrischem Bogenlicht (das zu hell im Blau erscheint) oder anderen künstlichen Lichtquellen. Der Reproduktionsphotograph muß sorgfältig darauf achten.

Häufig ist dem reflektierten farbigen Licht etwas weißes[2]), vielleicht auch ultraviolettes Licht beigemengt. Hierüber gibt die Spektralanalyse Aufschluß.

Eder untersuchte (Denkschrift d. Akad. d. Wissensch. in Wien 1902) die Reflektionsspektren einiger typischer Druckfarben. Die Kurven 1 bis 8 entsprechen tunlichst genau den derartig gemachten Beobachtungen; jedoch sei ausdrücklich bemerkt, daß nur das praktisch dominierende Reflexionsspektrum der betreffenden Pigmente abzüglich der Beimengungen von diffusem reflektiertem Lichte hiermit nur qualitativ (schematisch) dargestellt ist. Die Kurven sind ohne weiteres verständlich; die hellen Partien entsprechen den leuchtenden Teilen des Reflexionsspektrums.

Zinnober (Nr. 1) absorbiert das Spektrum einseitig von ca. *D* ab bis ins Violett, dünne Schichten der Farbe lassen aber etwas Weiß des Papiers durchschimmern.

Chromgelb ist eine ziemlich gute Deckfarbe; trotzdem kann man bei dünnen Schichten auch das Absorptionsspektrum im durchfallenden Lichte bestimmen, ebenso wie das analoge Reflexionsspektrum (Fig. 177,

1) Kreutzer, Jahresber. f. Phot. 1857, S. 446.

2) Namentlich die in Eiweiß angeriebenen Farben reflektieren etwas weißes Licht; bei manchen Lasurfarben reflektiert die weiße Papierunterlage.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Nr. 2). Die Absorption in Rot ist gering; Chromgelb reflektiert ziemlich gut Rot, dann sehr gut Orange, Gelb und Gelbgrün bis ca. zu den Fraunhoferschen Linien E bis F. Schon im Grün bei $\lambda = 542$ wird die Lichtreflexion schwächer, noch schwächer bei $\lambda = 500—480$. Blauviolett und Ultraviolett wird stark absorbiert.

Der gelbe Lack, hergestellt aus Querzitronenrinde[1]), ist eine Lasurfarbe; er läßt selbst in dickerer Schicht mehr Grün durch als Chromgelb; die auf weißes Papier gedruckten Schichten reflektieren gut Rot, Orange, Gelb und Gelbgrün Fig. 177, Nr. 3, ja selbst bis $\lambda = 506$ wird noch Licht reflektiert, so daß ihm mehr Grünstich zukommt als dem normalen Chromgelb.

Alizarinrotlack gibt das Krapplackspektrum, d. h. es besitzt gute Durchlässigkeit in Rot (lasierend); das Absorptionsband beginnt bei $\lambda = 602$, Maximum bei $\lambda = 592$ bis gegen 500, sinkt bei $\lambda = 500$; im Blau ist es ziemlich durchlässig für Licht von der Wellenlänge $\lambda = 486$, noch mehr wird Licht von $\lambda = 470$ ab bis ins Blauviolett und ins Ultraviolett durchgelassen (Nr. 8).

Schweinfurtergrün reflektiert nur wenig Rot und Orange, nicht viel Gelb (bis D), sehr gut Grün und Blaugrün bis F, dagegen wird Blau schwach reflektiert (Fig. 177, Nr. 4). Das Schweinfurtergrün ist eine schlechte Druckfarbe und wird für Farbendruck nicht verwendet; für die Probe-Farbentafel ist es aber besonders geeignet, weil die mehr oder weniger richtige Wiedergabe desselben im Vergleiche mit Chromgelb und Ultramarinblau ein sehr gutes Merkmal bei photographischen Probeaufnahmen (Kriterium für die Verwendbarkeit photographischer Platten und Lichtfilter für Dreifarbendruck) bildet und besser als die meisten Anilinfarben für die photographische Probetafel verwendbar ist.

Das Absorptionsspektrum des Methylviolett ist wenigstens qualitativ gut bekannt. Das Spektrum des Methylviolettlackes (Fig. 177, Nr. 7) entspricht dem Spektrum dieses Farbstoffes. Übrigens hat Verfasser dieses Spektrum auch mittels quantitativer Spektralanalyse untersucht (s. S. 344.), da es in dieser Richtung noch nicht hinlänglich studiert war. Methylviolettlack ist nicht lichtecht; trotzdem wählte ihn Verfasser, weil sein Reflexionsspektrum relativ scharf begrenzt ist und deshalb eine gute Probetafel für photographische Reproduktionen (neben Ultramarinblau Nr. 6) liefert.

1) Der gelbe Lack des Handels ist eine sehr verschieden zusammengesetzte Druckfarbe. Der Querzitronlack wird mit Teerfarben nicht selten verschönt, ja es kommen sogar gelbe Lackfarben in den Handel, welche gänzlich aus Teerfarben hergestellt sind.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Das Absorptions-, resp. Reflexionsspektrum des Miloriblau (Berlinerblau) ist in Fig. 177 Nr. 5 abgebildet. Rot bis Orange wird verschluckt; bei schwachen Schichten tritt Durchlässigkeit im Hellgrün auf, stärkere Schichten dämpfen das ganze Grün bis Blau wie die punktierte Kurve andeutet.

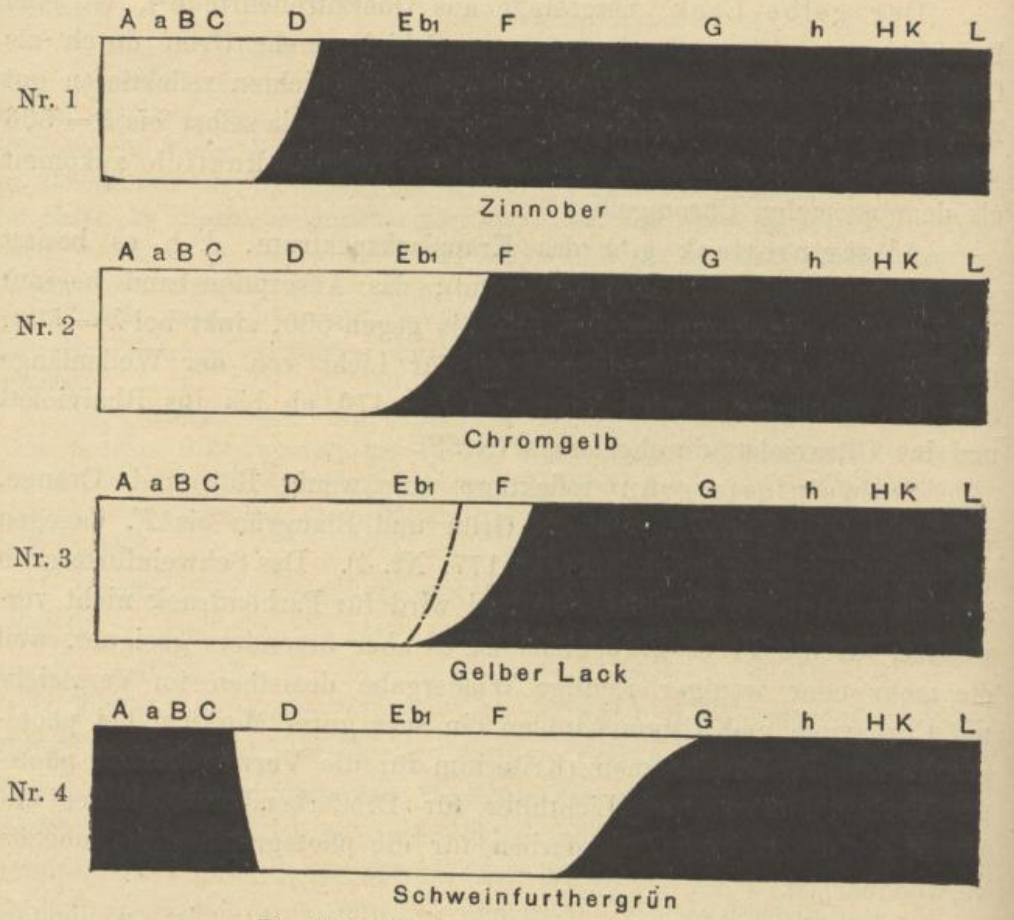


Fig. 177 A. Reflexionsspektra von Druckfarben.

Bemalte und bedruckte farbige Flächen reflektieren stets Farbengemische und zwar vor allem Farben aus den Nachbarzonen jener Stelle des Spektrums, deren Hauptfarbe sie aufweisen, z. B. Chromgelb reflektiert nicht nur reines Spektralgelb, sondern auch Orangerot und Grün, das sind die dem Gelb benachbarten Spektralfarben. Grüne Farbenpigmente reflektieren Gelb und Hellblau und dazu noch nicht selten eine Zone im äußeren Rot. Die meisten violetten Pigmente reflektieren nicht nur Blau, sondern auch beträchtliche Mengen Hellrot usw.

Diese Eigenschaft der Maler- und Druckfarben erschwert in hohem Grade die Möglichkeit, ihre photographische Wirkung durch passende Lichtfilter und farbenempfindliche Platten in entsprechen-

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

der Weise zu separieren, und erklärt andererseits die praktische Erfahrung, daß schlecht aneinander schließende Farbenfilter, welche Lücken im Spektrum übrig lassen, beim Dreifarbendruck dennoch alle Pigmente eines Gemäldes mehr oder weniger zur photographischen Wirkung gelangen lassen. Es sei hier der Vollständigkeit halber auf

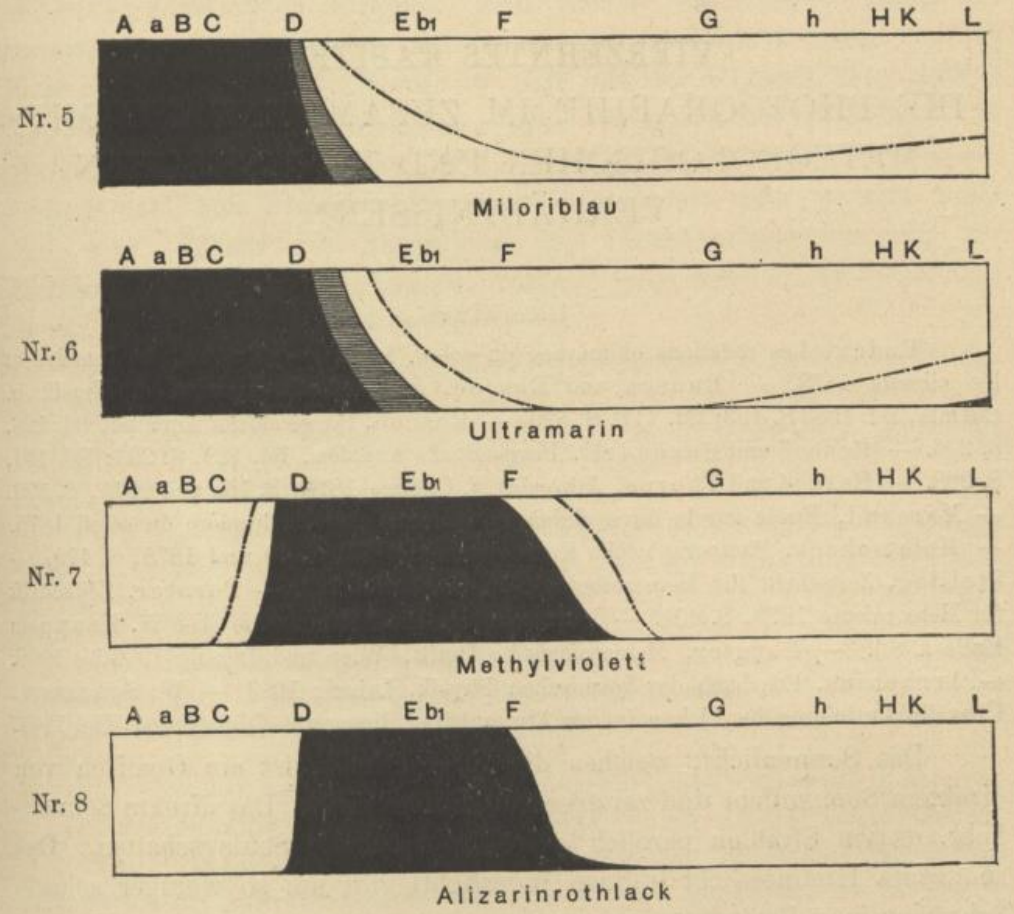


Fig. 177 B. Reflexionsspektra von Druckfarben.

den verschiedenen Helligkeitsreiz, welchen Pigmente von verschiedener Farbe auf das menschliche Auge ausüben, hingewiesen, welche Verhältnisse noch durch Auftreten des Purkinjeschen Phänomens verwickelter werden.

SLUB Wir führen Wissen.
gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

VIERZEHNTES KAPITEL.

DIE PHOTOGRAPHIE IM ZUSAMMENHANG MIT METEOROLOGISCHEN UND KLIMATISCHEN VERHÄLTNISSEN.

Literatur:

Radau, Les radations chimiques du soleil. 1877. — Radau, La lumière et les climats 1878. — Bunsen und Roscoë, Poggendorffs Annalen d. Physik u. Chemie, Bd. 108, S. 193; Bd. 117, S. 529. — Roscoë, Poggendorffs Annalen, Bd. 128, S. 296. — Roscoë und Baxendell, Poggendorffs Annalen, Bd. 128, S. 291; Bd. 151, S. 268. — Roscoë und Thorpe, Jahresber. f. Chemie 1870, S. 160 und 1871, S. 179. — Marcand, Etude sur la force chimique contenue dans la lumière du soleil 1875. — Holetscheck, Photographische Korrespondenz 1877, S. 49 und 1878, S. 179. — Stelling, Zeitschrift für Meteorologie 1879, S. 41 und 222. — Pernter, Zeitschrift für Meteorologie 1879, S. 401. — Pizzighelli, Die Aktinometrie (bei W. Knapp in Halle a. S.). — Pernter, Meteorologische Optik, Wien und Leipzig 1902 bis 1906. — Arrhenius, Lehrbuch der kosmischen Physik, Leipzig 1903. — W. Schramm, Über die Verteilung des Lichtes in der Atmosphäre. Inaugural-Dissertation Kiel 1901.

Das Sonnenlicht, welches die Erde erhellt, ist ein Gemisch von direktem Sonnenlicht und zerstreutem Himmelslicht. Das direkte Sonnenlicht, dessen Strahlen parallel laufen, gibt scharfe Schlagschatten. Das zerstreute Himmelslicht (diffuse Tageslicht) gibt um so weniger scharfe Schatten, je vollständiger es zerstreut ist.

Clausius erkannte 1850 (s. dessen Meteorologische Optik), daß die Zerstreuung und Reflexion des Sonnenlichtes in der Atmosphäre durch die in ihr schwebenden Körperchen verursacht werde und auch die blaue Farbe des Himmelslichtes damit zusammenhängt.

Das diffuse Tageslicht, mit dem der Photograph arbeitet, kommt mitunter unmittelbar vom blauen Himmelsgewölbe (z. B. sind die Schatten bei Freilichtaufnahmen hiervon erhellt); häufig kommt in unsere Ateliers und Wohnräume das diffuse Himmelslicht nicht direkt, sondern es wird von gegenüberstehenden Gebäuden reflektiert. Es wird dann stark geschwächt und nicht selten variabel gefärbt.

Diese Zerstreuung rufen kleine in der Atmosphäre suspendierte Partikelchen (Staub u. dergl.) hervor; hierdurch wird das direkte Sonnenlicht geschwächt (Extinktion). Dazu kommt noch die Absorption des Sonnenlichtes durch die Luft an und für sich (s. S. 13 und 53 dieses

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Buches), in dem Strahlen ganz bestimmter Wellenlänge durch die Bestandteile der Atmosphäre absorbiert werden (selektive Absorption).

Die eingehenden Untersuchungen über das Himmelslicht verdanken wir Lord Rayleigh. Er bewies, daß in der Luft schwebende Teilchen, welche kleiner sind als die kleinsten Wellenlängen der zur Wirkung kommenden Strahlen, also kleiner als 0,00035 mm, das Sonnenlicht am kräftigsten zerstreuen und das blaue (und violette) Licht am stärksten reflektieren, so daß uns der Himmel blau gefärbt erscheint. Größere Partikelchen, wie Wassertröpfchen, Nebel oder Wolken reflektieren weißes Licht, weshalb bei beginnender Wolkenbildung das blaue Himmelslicht verblaßt und mehr oder weniger weißlich wird. Auch die Färbungen der Dämmerungserscheinung bei Sonnenauf- und Sonnenuntergang werden durch diese größeren Teilchen in der Atmosphäre hervorgerufen.

Das blaue diffuse Himmelslicht, sowie auch teilweise die Farben der Dämmerung sind als Farben trüber Medien anzusehen. Die mathematische Theorie der Lichtzerstreuung durch trübe Medien hat Rayleigh (1871) begründet[1]).

Weil kurzwelliges (blaues) Licht stärker zerstreut wird als langwelliges, so erscheint das seitlich der Sonne liegende Himmelsgewölbe blau. Man beachte, daß das blaue Himmelslicht polarisiertes Licht enthält.

Die Polarisation des Lichtes tritt senkrecht zur Richtung der Sonnenstrahlen am stärksten auf, in der Richtung der Sonnenstrahlen selbst fehlt die Polarisation; von dazwischen liegenden Punkten sendet der Himmel teilweise polarisiertes Licht aus[2]).

Einfluß des polarisierten Lichtes und schwarzer Glasspiegel usw. bei der Photographie von Wolken, Regenbogen, glänzender Objekte usw.

Dr. A. Riggenbach hat in der Royal Meteorological Society für Wolkenphotographie die Anwendung eines schwarzen Spiegels empfohlen. Da nämlich der blaue Himmel eine große Menge polarisierten Lichtes aussendet, die weißen Wolken aber nicht, so ist man imstande, auf diese Weise jenes polarisierte Licht abzuschneiden, wenn man nur dem Spiegel die richtige Neigung zur Objektivachse gibt. Clayden konstruierte sich nun eine kleine 9×12 cm-Kamera so, daß sie leicht sowohl in einer senkrechten als in einer wagerechten Ebene gedreht werden und in jeder Lage festgestellt werden konnte. Am Objektiv befestigte er dann vermittelst eines drehbaren hölzernen Futters einen schwarzen Glasspiegel so, daß er mit der Objektivachse einen Winkel von 33 Grad bildete. Weil ein Spiegel aus einer auf der Rückseite geschwärzten Spiegelplatte photographisch ein doppeltes Bild gibt, so muß zu wirklichem schwarzen Glase gegriffen werden. Solche schwarze Spiegel zeigen die zartesten Wolkendetails mitunter besser als bei der üblichen Verwendung von Gelbscheiben und orthochromatischen Platten (Eders Jahrb. f. Phot. 1892, S. 320). — Auch Kalkspatprismen

1) Pernter, Meteorologische Optik, S. 574.
2) Vgl. Jensen (Eders Jahrb. f. Phot. 1911, S. 63).

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

wirken ähnlich. — Bei Photographie glänzender Metallgegenstände usw. können ähnliche Vorrichtungen von Nutzen sein.

Über Photographie von Wolken im allgemeinen, sowie irisierenden Wolken s. Kaßner (Eders Jahrb. f. Phot. 1903, S. 246).

I. Verschiedener Gang der chemischen Intensität des Lichtes und der optischen Helligkeit.

Die chemische Wirkung des Sonnenlichtes ändert sich in den verschiedenen Tages- und Jahreszeiten sehr bedeutend und eine genaue Kenntnis des Ganges des Aktinismus des Lichtes ist für die Dauer der Exposition für den Photographen von höchstem Werte.

Die Intensität der Sonnenstrahlung kann durch Wärmewirkung gemessen werden. Die Messung kann optisch-photometrisch erfolgen, ferner auf photochemischem Weg erfolgen und umfaßt dann bestimmte Spektralbezirke oder mittels Langleys Bolometer für das gesamte Spektrum. Da jede dieser Methoden teilweise voneinander unterschiedene Bezirke des Spektrums umfaßt, so ist es erklärlich, daß Resultate dieser verschiedenen Methoden nicht ganz miteinander vergleichbar sind.

Die chemische Intensität des Lichtes geht durchaus nicht mit der optischen Helligkeit desselben Hand in Hand, da ja für das menschliche Auge die gelben und roten Strahlen die hellsten sind, dagegen für die photographische Platte die blauen und violetten.

Dies führt zu manchen scheinbaren Anomalien, wie z. B., daß eine grell beleuchtete, intensive Schlagschatten bildende, durch die sinkende Abendsonne erhellte Landschaft auf der Photographie fast keine Lichtkontraste bietet und dergleichen mehr.

Roscoë und Raxendell[1]) stellten schon 1866 fest, daß das Verhältnis der chemischen Intensitäten nicht mit dem der sichtbaren Lichtintensitäten übereinstimmt, indem die Atmosphäre eine 17,4mal größere absorbierende Einwirkung auf die kurzwelligen chemischen, als auf die langwelligen sichtbaren Strahlen ausübt, wenn die Sonnenhitze 25 Grad 16′ beträgt, und eine 26,4mal größere bei der Sonnenhöhe 12 Grad 3′.

Es steht außer allem Zweifel, daß dieser Satz Roscoës und Baxendells richtig ist, und Meteorologe Stelling sagt, daß auch aus seinen Beobachtungen sehr deutlich ersichtlich sei, wie zur Bestimmung der chemischen Helligkeitsverhältnisse eines Ortes die Schätzung der Bewölkung und Form derselben nicht genügend sei, sondern nur photochemischen Messungen deutliche Angaben liefern können.

Ultraviolettes und violettes Licht werden in größeren Schichten eines trüben Mediums stets viel stärker (fast ganz) ausgelöscht

1) Pogg. Ann., Bd. 128, S. 291. Jahrb. Chem. 1866, S. 81.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

als langwelliges Licht. Deshalb ist das Sonnenlicht bei hohem Sonnenstande viel reicher an kurzwelligem blauviolettem und ultraviolettem Licht als bei Sonnenuntergang, worauf ja bekanntlich die rote Farbe bei Sonnenuntergang hinweist.

Bunsen bestimmte die Extinktion der chemisch wirksamen Strahlen (violettes Ende des Spektrums); er fand, daß der zur Erdoberfläche gelangende Betrag des direkten chemisch wirksamen Sonnenlichtes nur mehr 0,4349 der ursprünglichen Menge beträgt.

Die nach Clausius einerseits und nach Bunsen andererseits abgeleiteten Tabellen der Änderung der Lichtintensität mit wechselnder Zenitdistanz der Sonne stimmen übrigens ziemlich gut überein. (Holetschek.)

Aus den Untersuchungen von J. v. Wiesner ergab sich, daß der Himmel nicht gleichmäßig beleuchtet ist, daß vielmehr die Intensität seines Lichtes vom Gipfelpunkt des Himmels (Zenit) gegen den Horizont abnimmt. Die Mitwirkung des direkten Sonnenlichtes und die wechselnden Zustände der Atmosphäre modifizieren in der mannigfaltigsten Weise die Verteilung der Lichtintensität am Himmelsgewölbe. Bei vollkommen und gleichmäßig bedecktem Himmel wurde die Intensität des Zenitlichtes beträchtlich größer als das vom Horizont uns entgegenstrahlende Licht gefunden, wenn die Messung auf der zum Lichteinfall senkrechten Fläche vorgenommen wird. Das Zenitlicht des Himmels ist deshalb von überragendem Einfluß auf die Beleuchtung der Erdoberfläche, insbesondere auch auf die Pflanze. Die Blätter zahlloser Pflanzen, unter anderen die Hauptmasse der Blätter im Inneren der Baumkronen, haben die Tendenz, sich horizontal zu stellen, was eben unter der Wirkung des Zenitlichtes geschieht.

II. Abhängigkeit der Lichtintensität von der Sonnenhöhe bei ganz reinem Himmel.

Die chemische Lichtintensität ändert sich mit dem Sonnenstande oder genauer gesprochen mit der Sonnenhöhe; sie ändert sich also 1. mit der Tageszeit, 2. mit der Jahreszeit.

Die Beleuchtungsstärke des Sonnenlichtes an der Erdoberfläche ist für den Zenitstand der Sonne ungefähr 100000 Lux (Fabry) und unter Berücksichtigung der Durchlässigkeitsfaktoren der Atmosphäre bei einer Sonnenhöhe von 30° ungefähr 65—70000 Lux (Hertzsprung). Der blaue Himmel beleuchtet bei Sonnenuntergang eine horizontale Fläche mit zirka 2000 Lux, bei 98° Zenitdistanz der Sonne mit nur noch 0,2 Lux[1]).

1) Vgl. Schaum, Photochemie und Photographie 1908, S. 134.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Der Zusammenhang, in welchem die chemische Wirkung des zerstreuten blauen Himmelslichtes und des direkten Sonnenlichtes mit der Sonnenhöhe stehen, wurde zuerst von Bunsen und Roscoë mit ihrem Chlorknallgas-Photometer, später mit dem Pendelphotometer (Chlorsilberpapier) studiert, woran sich in neuerer Zeit insbesondere die Untersuchungen Wiesners und seiner Schüler mit dem Chlorsilberphotometer anschließen.

Die Sonnenstrahlen erleiden bei ihrem Durchgange durch die Atmosphäre eine beträchtliche Schwächung; durch dieses den direkten Sonnenstrahlen entzogene und nach allen Seiten hin zerstreute Licht erhält aber auch gleichzeitig die Atmosphäre eine Leuchtkraft, welche für unsere Erde nicht nur in optischer Hinsicht von hoher Wichtigkeit ist, sondern auch starke chemische Wirkungen äußert.

Die Schwächung, welche die optische Intensität des Sonnenlichtes bei dem Durchgange durch die Atmosphäre erleidet, ist ungefähr $^1/_4$. Setzt man die Intensität des Sonnenlichtes vor seinem Eintritte in die Atmosphäre = 1, so ist jene optische Lichtmenge, welche nach dem Durchgange durch die Atmosphäre bei senkrechter Durchstrahlung noch an der Erdoberfläche ankommt, nach

Bouguer	0,8123,
Lambert	0,589,
Seidel	0,7942,
Trépied	0,88.

Nach anderen Angaben ist der Gesamtverlust des in die Atmosphäre einfallenden Sonnenstrahls auf dem vertikalen Weg zur Meeresoberfläche etwa 16 %, so daß nur 84 % das Meeresniveau erreichen. Mit dieser Zahl kann man den Verlust des Lichtes der Gestirne bei verschiedenen Zenithöhen während ihres Durchgangs durch die Atmosphäre berechnen (Pernter, Meteorolog. Optik, S. 574).

Die älteren Beobachter nahmen an, daß die Atmosphäre für alle Strahlen einen einzigen Absorptionskoeffizienten haben. Dies ist aber unrichtig, wie die Beobachtungen von Rayleigh (s. S. 13) zeigen. Auch der amerikanische Forscher Langley[1]) fand, daß die verschiedenen Strahlengattungen in verschiedenem Maße durch die Atmosphäre hindurchgelassen werden, und zwar werden die violetten Strahlen am meisten absorbiert, die grünen, gelben, roten immer weniger, die dunkeln Wärmestrahlen am wenigsten. In Prozenten ausgedrückt werden folgende

1) S. P. Langley, Researches on solar heat and its absorption by the Earths atmosphere. Professional papers of the Signal Service n. VV. Washington 1884. — Siehe Dr. Spitaler (Eders Jahrb. f. Photogr. für 1888. 2. Jahrg. S. 377).

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Mengen der einzelnen Strahlengattungen durch die Atmosphäre hindurchgelassen:

	Ultraviolett,	Violett,	Blau,	Grünlichblau,	Gelb,	Rot,	Infrarot.
Proz.:	39	42	48	54	63	70	76

Nach Andresen (Phot. Korresp. 1898, S. 502) werden von optischem hellen Licht (von λ 515 bis Rot) 82,6 Proz. bei senkrechter Durchstrahlung der Atmosphäre durchgelassen; von rotem Licht (λ 610 bis Rot) 81,3 Proz.

Es ist nun von großem Interesse, zu sehen, wie die gesamten Lichtmengen des weißen Sonnenlichtes mit Rücksicht auf ihre Absorption in der Atmosphäre im Laufe des Jahres über die verschiedenen Orte der Erde verteilt sind, da ja die Sonnenhöhe im Laufe des Jahres für einen beliebigen Ort der Erde sich beständig ändert, je nachdem die Sonne nördlich oder südlich vom Äquator wandert. Es fragt sich mit anderen Worten, wie ist die von der Sonne gespendete Lichtmenge an einem beliebigen Orte der Erde im Laufe des Jahres und wie ist sie an einem beliebigen Tage des Jahres über die Erde verteilt. Jedoch muß man hierbei nicht nur die Breitenkreise der betreffenden Orte an der Erdoberfläche berücksichtigen, sondern auch die Absorption der Lichtstrahlen durch die Atmosphäre, und hierfür setzte Dr. Spitaler (a. a. O.) den Absorptionskoeffizienten 0,6, wie er etwa den Strahlen des mittleren Teiles des Spektrums entspricht, bei seinen unten auseinandergesetzten Berechnungen an.

Bunsen und Roscoë stellten zuerst ein Gesetz über die Abhängigkeit der chemischen Intensität mit der Sonnenhöhe auf, und zwar fanden sie, daß 1. die chemische Intensität des gesamten Tageslichtes einzig eine Funktion der Sonnenhöhe ist; 2. das Maximum mit der größten Sonnenhöhe eintritt, d. h. am Mittage[1]); 3. daß die Kurve zu beiden Seiten des Mittags symmetrisch ist, d. h. in gleichen Zeitabständen vom Mittage herrscht die gleiche chemische Intensität — in allen Fällen ganz reinen Himmel vorausgesetzt.

Marchand glaubte aus seinen Beobachtungen zu Fécamp in Frankreich mit dem Eisenchlorid-Oxalsäure-Photometer das Gesetz gefunden zu haben: „daß die chemische Wirkung, beginnend vom Sonnenaufgange, in einer geometrischen Progression wächst, von der jedes Glied, dividiert durch die korrespondierende Sonnenhöhe, Zahlen liefert, welche für jeden Grad der Höhe um 0,00000729 ccm zunehmen; das erste Glied der Reihe für 1 Grad Sonnenhöhe ist aber 0,000923 ccm“ (bezogen auf sein Eisensalz-Photometer, s. u.).

---

1) Diese Angabe reicht für unsere Breitengrade aus; für Orte, welche eine größere Mittagshöhe der Sonne aufweisen als 85 Grad nicht mehr.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Dies Gesetz läßt sich nach Pernter durch die Formel

$$\frac{H+S}{h} = 0{,}000923 + 0{,}00000729\ (h - 1\ \text{Grad})$$

ausdrücken[1]). Aber Pernter hält diese einfache Gleichung nicht für die richtige Deutung der Originalbeobachtungen Marchands, sondern zieht den Schluß, daß: 1. das Maximum der Intensität sich zu Fécamp entschieden auf Nachmittag zwischen 12 und 1 Uhr verzögert; 2. die chemische Intensität nun weniger rasch als früher zuzunehmen beginnt; 3. in gleich weit von Mittag abstehenden Zeiten die chemische Intensität nachmittags entschieden größer als vormittags ist und zwar um so ausgeprägter, je näher die Stunden am Mittag liegen.

III. Die Verteilung der chemischen Lichtwirkung des Sonnenlichtes an der Erdoberfläche.

Die Gesetze der Verteilung der chemischen Lichtwirkungen haben Bunsen und Roscoë am genauesten studiert[2]).

Sie maßen die chemische Wirkung der Sonnenstrahlen mit dem Chlorknallgas-Photometer und fanden:

1. Die auf den Erdkörper fallenden, noch nicht durch die Atmosphäre geschwächten Sonnenstrahlen üben eine Kraft von 35,3 Lichtmetern aus, d. h. sie verbinden auf einer Grundfläche, auf welcher sie senkrecht auffallen, in der Zeit einer Minute eine 35,3 m hohe Chlorknallgasschicht zu Salzsäure, wenn sie sich in einer unendlich großen Knallgasatmosphäre bis zur völligen Extinktion erschöpften.

2. Daß die Sonnenstrahlen, wenn sie die Atmosphäre bis zum Meeresniveau, wo ein mittlerer Druck von 0,76 m herrscht, in senkrechter Richtung durchstrahlt haben, nur noch eine Wirkung von 14,4 Lichtmetern ausüben, daß mithin $^2/_3$ ihrer chemischen Kraft durch Extinktion und Zerstreuung in der Atmosphäre verloren gehen.

3. Daß Veränderungen in der Temperatur und in dem Feuchtigkeitszustande der Luft keinen sehr erheblichen Einfluß auf die Lichtzerstreuung der nebelfreien und wolkenlosen Atmosphäre ausüben, und daß mithin die chemischen Wirkungen bei entgegengesetztem, gleich weit vom Kulminationspunkte der Sonne abstehendem Stundenwinkel ohne Gefahr eines merklichen Fehlers gleichgesetzt werden können.

4. Daß eine dünne Bewölkung das chemische Beleuchtungsvermögen der Atmosphäre bedeutend erhöhen kann, unter Umständen sogar um das Vierfache.

Daß dichtere Wolkenschichten, wie sie einem Regen oder Gewitter vorangehen, die chemische Wirkung des Himmelsgewölbes derart schwächen können, daß das Chlorknallgas-Photometer zu ihrer Nachweisung nicht mehr ausreicht.

5. Daß unter sonst gleichen Umständen die chemische Beleuchtung der Tiefländer und der Hochflächen sehr ungleich sein muß und daß diese Beleuchtung mit

---

1) H = Intensität des zerstreuten Tageslichtes, S = die der direkten Sonnenstrahlen, h = Sonnenhöhe.

2) Poggendorffs Annalen. — Ferner ausführlich abgedruckt in Pizzighelli, „Die Aktinometrie", 1884 (bei Knapp in Halle a. S.); Separatabdruck aus der Photographischen Korrespondenz.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

zunehmender Höhe über dem Meere in einem rascheren Verhältnisse wächst, als der gleichzeitigen Abnahme des atmosphärischen Druckes entspricht und daß die Ungleichheiten in der Beleuchtung um so stärker hervortreten, je niedriger die Sonne über dem Horizonte steht.

Bunsen und Roscoë gaben noch viele Tabellen und Kurven der chemischen Lichtwirkung des zerstreuten direkten Sonnenlichtes, deren Mitteilung hier zu viel Raum in Anspruch nehmen würde[1]).

IV. Chemische Intensität des Lichtes für Wien und Orte, welche dieselbe geographische Breite haben, zu verschiedenen Zeiten.

Nach den Formeln Bunsen und Roscoës konstruierte Holetschek[2]) Kurven für die chemische Intensität des Lichtes[3]) für Wien oder Orte,

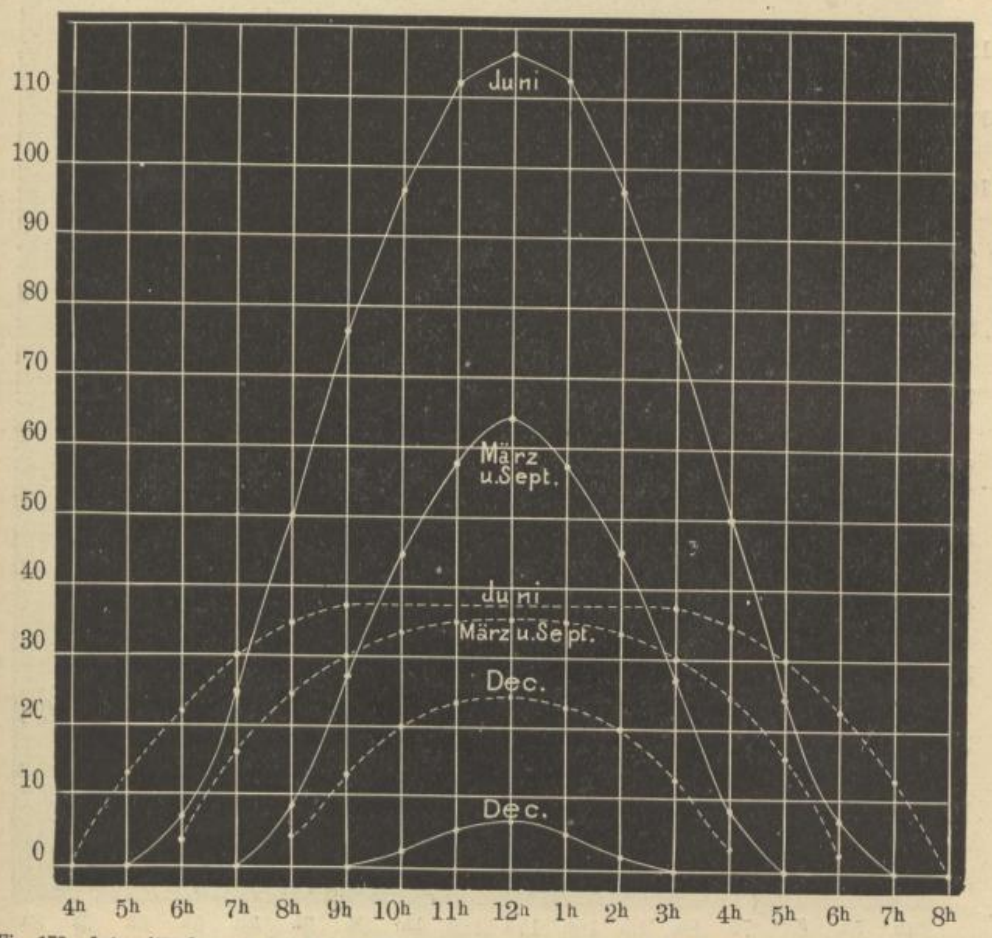


Fig. 178. Intensitätskurven des blauen Himmelslichtes (punktiert) und des Sonnenlichtes (nicht punktiert).

welche mit Wien ungefähr dieselbe geographische Breite haben (Fig. 178 und 179).

1) Dieselben sind auch abgedruckt in Pizzighellis zitiertem Buch.
2) Photogr. Korresp. 1877, S. 53.
3) Bezogen auf ein horizontales Flächenelement.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Die punktierten Linien von Fig. 178 zeigen den Gang der Intensitäten des blauen Himmelslichtes, die nicht punktierten, also kontinuierlich ausgezogenen Kurven die des direkten Sonnenlichtes. Auf der Horizontallinie sind die einzelnen Tagesstunden in gleichen Intervallen als Abszissen

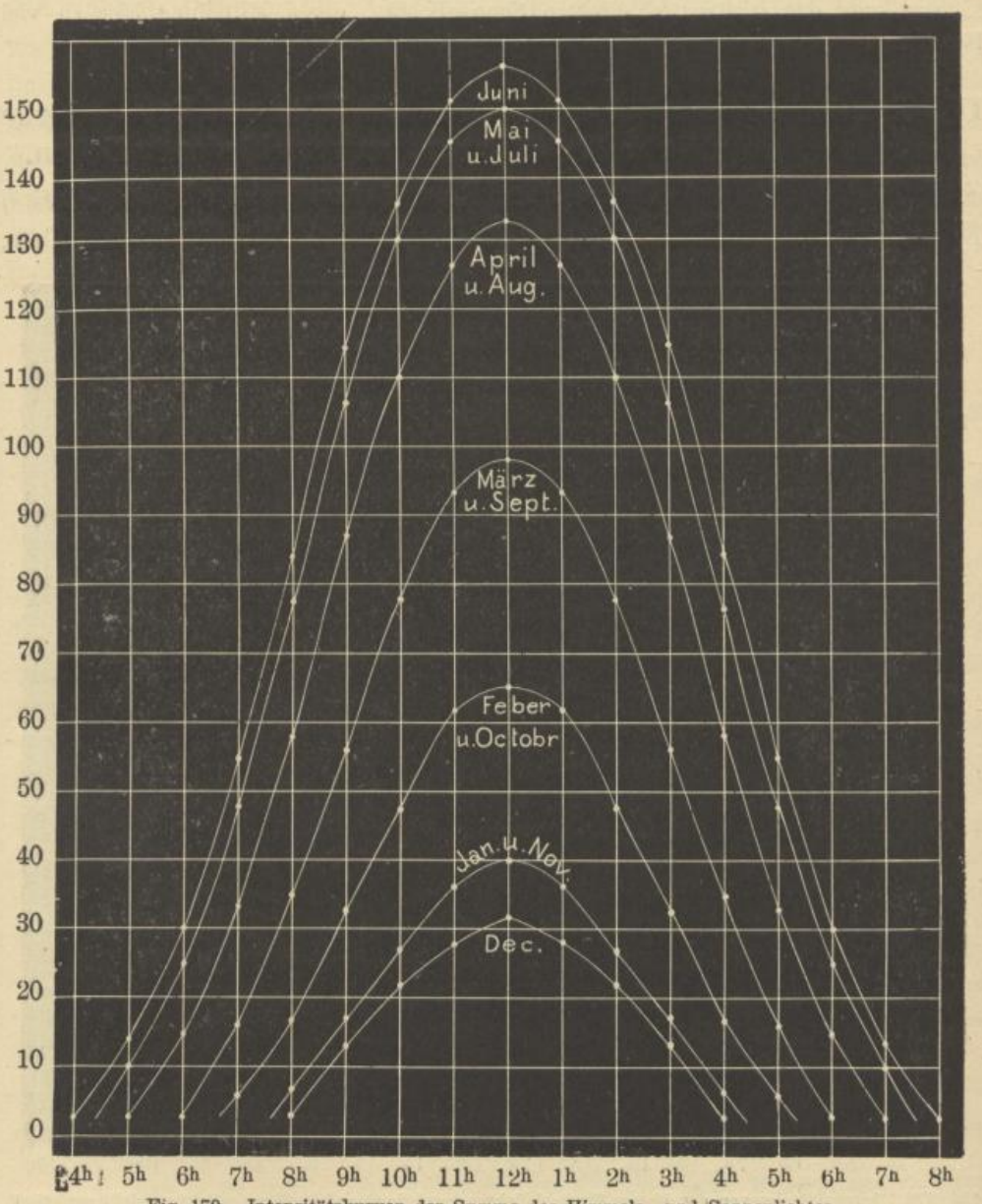


Fig. 179. Intensitätskurven der Summe des Himmels- und Sonnenlichtes.

aufgetragen; die darauf senkrecht errichteten Ordinaten entsprechen der zur bezüglichen Tagesstunde hervorgebrachten chemischen Wirkung in Lichtgraden.

In Fig. 179 ist die Summenwirkung des blauen Himmelslichtes und des direkten Sonnenlichtes gegeben.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Dr. Holetschek rechnete ferner die chemischen Lichtintensitäten für die einzelnen Tagesstunden eines jeden Monats für Wien und alle Orte derselben geographischen Breite. Die Resultate stellte er in folgenden Tabellen zusammen.

A) Chemische Intensität des blauen Himmelslichtes.

Nachstehende Tabelle lehrt, daß die chemische Intensität des blauen Himmelslichtes mit der steigenden Sonnenhöhe allmählich zunimmt und zwar anfangs rasch, später aber immer langsamer. Im Juni tritt sogar der überraschende Fall ein, daß die Intensität zu Mittag etwas kleiner ist als die Nachbarwerte bei 11 Uhr vor- und 1 Uhr nachmittags; ebenso ist diese Mittagsintensität für Juni kleiner als für Mai und Juli. Die Intensität der atmosphärischen Lichtzerstreuung hat ihren größten Wert (38,30 Lichtgrade) dann, wenn die Sonne 61,5 Grad über dem Horizont steht. Steigt die Sonne noch höher, so nimmt die chemische Wirkung des blauen Himmelslichtes nicht mehr zu, sondern im Gegenteil ab, wenn auch nicht beträchtlich, so daß für den Fall, wenn die Sonne im Zenit stünde (Tropengegenden), also eine Höhe von 90 Grad hätte, die Intensität nur mehr 37,63 Lichtgrade betragen würde. Diese kleine Verminderung um 0,67 Lichtgrade hat zwar nur ein theoretisches Interesse und keine praktische Bedeutung, mußte aber hier dennoch besprochen werden, damit man nicht etwa in der Zahl beim 21. Juni (38,27) einen Fehler vermute. Ob aber diese Abnahme in der Natur wirklich besteht, läßt Holetschek dahingestellt; aus der Formel wenigstens folgt sie.

	Vormittag								
	12h	11h	10h	9h	8h	7h	6h	5h	4h
21. Januar . . .	26,53	25,53	22,30	16,42	7,41	—	—	—	—
20. Februar . .	32,22	31,43	28,93	24,14	16,31	5,13	—	—	—
20. März . . .	36,23	35,77	34,10	30,65	24,64	15,32	2,78	—	—
21. April . . .	38,07	37,90	27,13	35,12	30,99	24,14	14,18	1,64	—
22. Mai	38,30	38,29	38,02	36,85	33,98	28,66	20,62	10,23	—
21. Juni . . .	38,27	38,30	38,18	37,27	34,77	30,06	22,75	13,14	2,07
21. Juli . . .	38,30	38,29	38,02	36,85	33,98	28,66	20,62	10,23	—
21. August . . .	38,07	37,90	37,13	35,12	30,99	24,14	14,18	1,64	—
23. September .	36,23	35,77	34,10	30,65	24,64	15,32	2,78	—	—
21. Oktober . .	32,22	31,43	28,93	24,14	16,31	5,13	—	—	—
21. November .	26,53	25,53	22,30	16,42	7,41	—	—	—	—
21. Dezember . .	23,63	22,57	19,14	12,90	3,48	—	—	—	—
	12h	1h	2h	3h	4h	5h	6h	7h	8h
	Nachmittag								

B) Chemische Intensität des direkten Sonnenlichtes.

Nachstehende Tabelle enthält die chemischen Wirkungen des Sonnenlichtes auf ein horizontal liegendes Flächenelement; da der Barometerstand fortwährend Schwankungen unterworfen ist, denen man in einer einfachen Tabelle nicht Rechnung

tragen kann, so wurde der für Wien gültige mittlere Barometerstand genommen, nämlich 746 Millimeter.

	Vormittag							
	12h	11h	10h	9h	8h	7h	6h	5h
21. Januar	13,27	10,97	5,44	0,80	0,00	—	—	—
20. Februar	33,54	29,81	20,09	8,27	0,76	0,00	—	—
20. März	62,25	57,64	44,45	26,44	9,18	0,47	0,00	—
21. April	93,29	88,17	73,51	51,96	27,87	8,27	0,25	—
22. Mai	111,77	106,65	91,85	69,52	43,65	19,24	3,50	0,01
22. Juni	117,44	112,36	97,77	75,62	49,26	24,11	6.06	0,12
21. Juli	111,77	106,65	91,85	69,52	43,65	19,24	3,50	0,01
21. August	93,29	88,17	73,51	51,96	27,87	8,27	0,25	—
23. September	62,25	57,64	44,45	26,44	9,18	0.47	0,00	—
21. Oktober	33,54	29,81	20,09	8,27	0,76	0,00	—	—
21. November	13,27	10,97	5,44	0,80	0,00	—	—	—
21. Dezember	7,40	5,81	2,24	0,10	0,00	—	—	—
	12h	1h	2h	3h	4h	5h	6h	7h
	Nachmittag							

Die chemische Intensität des Sonnenscheins nimmt wohl wesentlich zu, wenn man sich in bedeutende Höhen der Atmosphären erhebt, d. h. wenn der Luftdruck geringer wird; diese Unterschiede sind aber doch nur gering im Vergleich zu den Verschiedenheiten, welche von der geographischen Breite abhängen. So z. B. wäre für die Meereshöhe von Heiligenblut, das einen mittleren Barometerstand von 650 mm hat, die Intensität der Sonne am Mittag des 21. Juni 132, 20. März 23, September 73 und am 21. Dezember 10 Lichtgrade, während die Tabelle für Wien der Reihe nach die Werte gibt: 117, 62 und 7, so daß die Intensität für Heiligenblut an diesen Tagen um 15, 11 und 3 Lichtgrade größer ist als für Wien.

Diese Intensitäten unterscheiden sich wesentlich von denen der vorhergehenden Tabelle. Im Sommer ist die chemische Wirkung der Sonne bedeutend kräftiger als im Winter, zu Mittag am 21. Juni 16mal größer als am 21. Dezember, während das blaue Himmelslicht im Juni kaum zweimal so stark wirkt als im Dezember. Ein auffallender Unterschied liegt auch darin, daß die chemische Wirkung des Sonnenlichtes in den Sommermonaten größer, in den Wintermonaten dagegen kleiner ist als die jedesmalige Intensität des blauen Himmelslichtes.

Da das direkte Sonnenlicht für die Vergrößerungsphotographie von Bedeutung ist, so sieht man, wie ungünstig in diesem Falle die Wintermonate sind, da im Dezember selbst zu Mittag die Intensität der Sonne (7) nur etwa so groß ist wie im Juni um 6 Uhr morgens oder abends.

Es muß nochmals in Erinnerung gebracht werden, daß diese Verhältnisse außer Wien nur für die Orte gelten, die mit Wien ungefähr dieselbe geographische Breite und ziemlich dieselbe absolute Meereshöhe haben. Überdies haben sie ihre volle Gültigkeit nur für ein horizontales Flächenelement; für ein vertikales gestalten sich die Wirkungen bei allen Sonnenhöhen, die kleiner als 45 Grad sind, günstiger und dies findet während der ganzen Winterzeit statt und außerdem in den Morgen- und Abendstunden der Sommermonate.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

C) Gemeinschaftliche Wirkungen des Sonnen- und Himmelslichtes.

	Vormittag								
	12h	11h	10h	9h	8h	7h	6h	5h	4h
21. Januar . . .	39,80	36,50	27,74	17,22	7,41	—	—	—	—
20. Februar . .	65,76	61,24	49,02	32,41	17,07	5,13	—	—	—
20. März . . .	98,48	93,41	78,55	57,09	33,82	15,79	2,78	—	—
21. April . . .	131,36	126,07	110,64	87,08	58,86	32,41	14,43	1,64	—
22. Mai	150,07	144,94	129,87	106,37	77,63	47,90	24,12	10,23	—
21. Juni . . .	155,70	150,66	135,94	112,89	84,03	54,17	28,81	13,26	2,07
21. Juli	150,07	144,94	129,87	106,37	77,63	47,90	24,12	10,23	—
21. August . . .	131,36	126,07	110,64	87,08	58,86	32,41	14,43	1,64	—
23. September .	98,48	93,41	78,55	57,09	33,82	15,79	2,78	—	—
21. Oktober . .	65,76	61,24	49,02	32,41	17,07	5,13	—	—	—
21. November .	39,80	36,50	27,74	17,22	7,41	—	—	—	—
21. Dezember . .	31,03	28,38	21,38	13,00	3,48	—	—	—	—
	12h	1h	2h	3h	4h	5h	6h	7h	8h
	Nachmittag								

Diese Tabelle entsteht ganz einfach durch Addition der entsprechenden Zahlen in den zwei vorhergehenden Tabellen; sie gibt also die Summenwirkung des blauen Himmelslichtes und des direkten Sonnenlichtes auf ein horizontales Flächenelement, deren Kenntnis besonders für die Landschaftsphotographie erwünscht ist.

Es ist wohl leicht, aus den Lichtintensitäten die Expositionszeit im Kopfe zu rechnen, da diese beiden Größen im verkehrten Verhältnisse stehen so daß man die Expositionszeit ohne Mühe aus einer der Tabellen, wenn man sie einmal für einen bestimmten Tag und eine bestimmte Stunde für sein Atelier aus der Erfahrung kennt, für jede andere Zeit bestimmen kann.

Schwier berechnete eine Lichtintensitätstabelle für blaues Himmelslicht für Berlin und alle Orte gleicher geographischer Breite, welche aus Vogels Lehrbuch der Photographie entnommen ist.

D) Tabelle der chemischen Lichtstärken für Berlin und alle Orte gleicher geographischer Breite.

	0h	1h	2h	3h	4h	5h	6h	7h	8h
21. Januar . . .	23,01	21,93	18,64	12,79	2,77	—	—	—	—
21. Februar . .	29,95	29,12	26,53	21,65	14,07	2,77	—	—	—
21. März . . .	34,95	34,40	32,62	28,99	23,00	14,30	2,77	—	—
21. April . . .	37,68	37,45	36,55	34,40	30,42	24,05	15,11	2,77	—
21. Mai	38,26	38,19	37,77	36,48	33,69	28,73	21,56	11,95	2,77
21. Juni . . .	38,35	38,28	38,02	37,01	34,59	30,24	23,71	14,65	5,94
21. Juli	38,26	39,19	37,77	36,48	33,69	28,73	21,56	11,95	2,77
21. August . . .	37,64	37,41	36,48	34,29	30,24	23,80	14,76	2,77	—
21. September .	34,95	34,40	32,62	28,99	23,00	14,30	2,77	—	—
21. Oktober . .	29,63	28,86	26,07	21,28	13,61	2,77	—	—	—
21. November .	23,01	21,93	18,64	12,79	2,77	—	—	—	—
21. Dezember . .	19,74	18,64	15,43	9,21	—	—	—	—	—

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Ich will noch kurz erwähnen, daß die Tabellen für blaues Himmelslicht bei allen Belichtungen im Schatten Geltung haben (Aufnahmen im Atelier, Kopieren im Schatten usw.), die für direktes Sonnenlicht in jenen Fällen, wo die Sonnenstrahlen durch eine Linse gesammelt und dann photographisch benutzt werden (Vergrößerung in der Solarkamera) und die Tabellen endlich für die Summenwirkung des Himmelslichtes und Sonnenlichtes dort, wo im Freien unter Mitwirkung des Sonnenlichtes gearbeitet wird, also auch das blaue Himmelslicht sich dazugesellt. Hierher gehören alle Belichtungen im Sonnenlicht im gewöhnlich gebrauchten Sinne des Wortes, z. B. Kopieren an der Sonne usw.; auch die besonnten Stellen einer Landschaft sind dem kombinierten Einfluß beider Lichtarten unterworfen, die im Schatten befindlichen nur dem des blauen Himmelslichtes.

Diese Tabellen geben das ideale chemische Wetter für Wien und Berlin, wie es bei einer nebel- und wolkenlosen Atmosphäre stattfindet. Eigentlich haben alle Zahlenangaben überdies nur dann ihre volle Gültigkeit, wenn das ganze Himmelsgewölbe zur Wirkung kommt, wenn also die photographischen Aufnahmen im Freien gemacht werden. Dessenungeachtet behalten sie aber für jedes Atelier ihre Richtigkeit, da ja in diesem Falle sämtliche Zahlen proportional abnehmen; dies gilt ganz besonders für die Expositionszeiten, die ohnehin nur Relativzahlen sind. Solange man also in einem und demselben Atelier arbeitet, bleiben die wechselseitigen Verhältnisse der Zahlen untereinander genau dieselben.

Ganz regellos werden aber die chemischen Wirkungen der atmosphärischen Lichtzerstreuung, wenn die Bläue des Himmels durch Nebelschleier oder Wolken getrübt wird (s. u.).

E) Die Lichtverteilung auf der Erdoberfläche.

D. Spitaler[1]) hat mit dem Absorptionskoeffizienten 0,6, wie er etwa den Strahlen des mittleren Teils des Spektrums entspricht (s. S. 368),

Geographische Breite	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
Januar	408	332	250	161	80	22	1	—	—	—
Februar	437	385	315	232	146	68	15	0	—	—
März	**451**	433	391	329	251	166	84	23	0	—
April	433	**451**	445	414	361	288	203	113	31	24
Mai	396	442	465	464	438	388	315	212	195	203
Juni	373	430	**467**	**481**	**469**	**432**	**367**	**280**	**313**	**324**
Juli	384	432	465	471	452	408	340	222	250	259
August	418	**446**	451	431	388	323	242	150	69	72
September	**444**	438	408	356	286	204	119	45	5	0
Oktober	441	399	338	261	176	94	30	2	0	—
November	415	348	266	178	96	32	2	0	—	—
Dezember	397	319	231	142	64	14	0	—	—	—
Jahresmittel	416	405	374	327	267	203	146	87	72	74

Anmerkung: Wo in der Rubrik ein Strich ist, findet überhaupt gar keine Bestrahlung statt.

1) Eders Jahrb. f. Photogr. für 1888, 2. Jahrg., S. 379.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

für jeden 10. Breitenkreis der Erde und für je einen mittleren Monatstag des ganzen Jahres die Lichtmenge berechnet, welche der Erde im Laufe eines Tages von der Sonne zugestrahlt wird. Man erhält dadurch ein Bild über die Lichtverteilung auf der Erde im Laufe des Jahres. Als Einheit dieser Zahlenwerte wurde jene Lichtmenge gewählt, welche ein Punkt des Äquators während eines Tages zur Zeit des Frühlingsäquinoktiums bei der mittleren Entfernung der Erde von der Sonne ohne Vorhandensein einer Licht und Wärme absorbierenden Atmosphäre erhält und diesen Betrag mit 1000 bezeichnet. Es sind somit die Zahlen nur Relativzahlen, die mit einem konstanten Faktor multipliziert werden müßten, um sie in irgendwelchen Lichteinheiten auszudrücken.

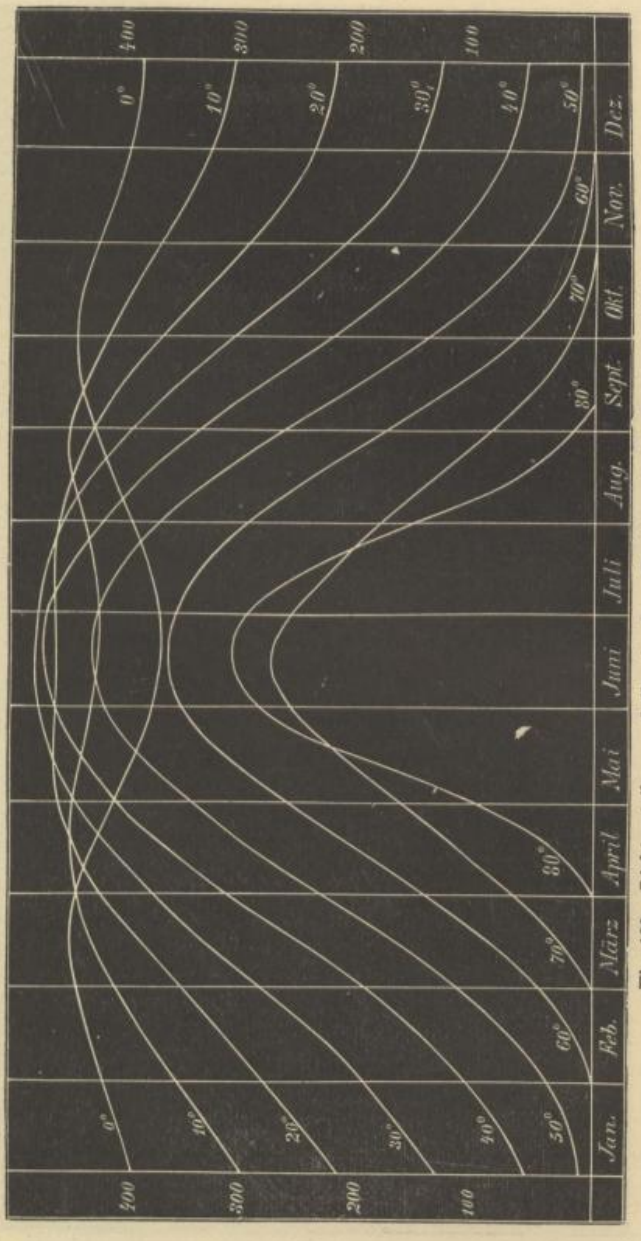


Fig. 180. Lichtverteilung auf die einzelnen Breitengrade im Laufe des Jahres.

Der Einfachheit wegen ist die Tabelle nur für die nördliche Hemisphäre gegeben, da sie mit kleinen Veränderungen, die von der wechselnden Entfernung der Erde von der Sonne herrühren, und mit passender Änderung der Jahreszeiten, Januar statt Juli usw. auch für die südliche Hemisphäre gilt.

Ein viel übersichtlicheres Bild der Lichtverteilung auf der Erde erhält man, wenn man diese Zahlen durch Kurven darstellt. In beistehender Zeichnung veranschaulicht das eine Kurvensystem (Fig. 180)

die Lichtverteilung auf den einzelnen Breitenkreisen im Laufe des Jahres, das andere (Fig. 181) die Lichtverteilung in den einzelnen Monaten über die nördliche Hemisphäre. Es wurden beim zweiten Kurvensystem, um das Bild nicht unnötigerweise zu überladen, nur die Linien vom Januar bis zum Juni eingezeichnet, indem die Linien der folgenden Monate einen ganz ähnlichen Verlauf nehmen.

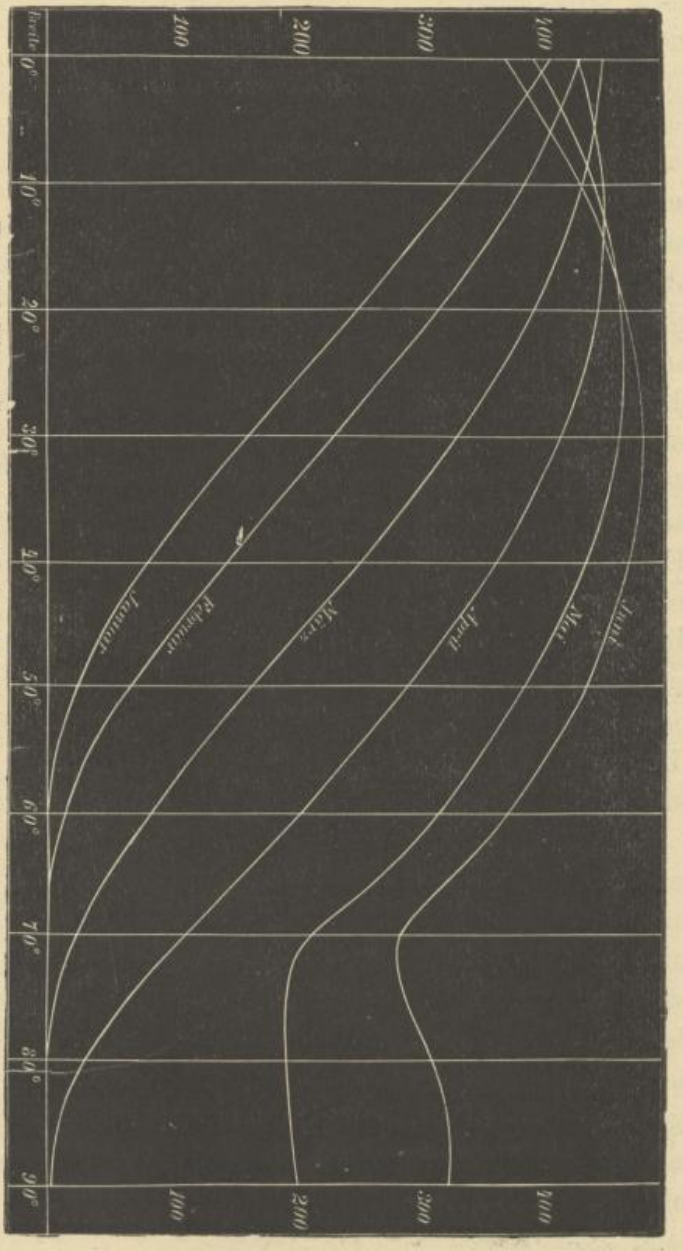


Fig. 181. Lichtverteilung in den einzelnen Monaten über der nördlichen Hemisphäre.

Dem Laufe der Sonne entsprechend, die bis zur Breite von ungefähr 23 Grad zweimal im Jahre den Zenit passiert, erkennt man in den Kurven des Äquators und 10. Breitengrades zwei Maxima der Lichtwirkung, für den Äquator im März und September, für den 10. Breitengrad im April und August. Am 20. Breitengrad sind die beiden Maxima schon in ein einziges im Juni zusammengeflossen; es verläuft aber die Kurve von Mai bis Juli sehr flach. Je weiter wir gegen höhere Breiten fortschreiten, desto steiler werden die Kurven, zumal aber am 70. und 80. Breitengrad, sowie am Pol selbst, indem eine Zeitlang die Sonne gar nicht über den Horizont heraufkommt.

Sobald aber die Sonne in diesen Gegenden über den Horizont heraufgerückt ist, dann geht sie auch den ganzen Tag nicht unter,

sondern weilt während des ganzen arktischen Sommers über demselben.

Betrachten wir aber den Verlauf der Lichtkurven über die verschiedenen Breitenkreise in den einzelnen Monaten, so sieht man, daß das Maximum der täglichen Lichtwirkung vom Äquator, wo es vom September bis März geweilt hat, wenn wir die südliche Hemisphäre außer acht lassen, allmählich gegen Norden rückt und im Juni seinen höchsten Stand bei 30 Grad Breite erreicht, entsprechend der langen Tagesdauer um diese Zeit in dieser Breite. Am Pole und den benachbarten Breitenkreisen erkennt man einerseits am Fehlen der Kurve den Polarwinter ohne Sonnenstrahlung, andererseits an der Abnormität der Kurven die 24stündige Lichtwirkung der Sonne im Sommer.

Es ist aber wohl zu beachten, daß diese Zahlen für die direkte Sonnenstrahlung bei ganz heiterm Himmel gelten (s. u.).

Nach Bunsen und Roscoës direkten Messungen der chemischen Intensität des zerstreuten Tages- und des direkten Sonnenlichtes wurden die Lichtintensitäten für verschiedene Breitengrade mit großer Annäherung an die Wirklichkeit berechnet. Man erhielt für einen ganzen Tag zur Zeit des Frühlingsäquinoktiums folgende Relativzahlen der gesamten chemischen Strahlung des Himmels und der Sonne:

Ort	Breite	Chemische Intensität		
		der Sonne	des Himmels	Total
Pol	90°	0	20	20
Melville-Insel	75°	12	106	118
Reykiavik	64°	60	150	210
Petersburg	60°	89	164	253
Manchester	53°	145	182	327
Heidelberg	49°	182	191	373
Neapel	41°	266	206	472
Kairo	30°	364	217	581
Bombay	19°	438	223	661
Ceylon	10°	475	226	701
Borneo	0°	489	227	716

Vergleicht man diese Zahlen, welche dem „Handbuche der Klimatologie“ von Hann (1883) entnommen sind, so findet man mit D. Spitalers Tabelle für den Monat März (Zeit des Frühlingsäquinoktiums) eine ganz gute Übereinstimmung, so daß uns obige Tabelle tatsächlich ein Bild der direkt von der Sonne herrührenden chemischen Lichtverteilung auf der Erde gibt. Es würde sicherlich keine große Schwierigkeit machen, aus diesen Zahlen empirisch auch die Intensität des zerstreuten Lichtes abzuleiten, um durch Vereinigung der beiden

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Zahlen ein vollständiges Bild der gesamten chemischen Lichtverteilung auf der Erdoberfläche zu erhalten.

Für die chemische Lichtwirkung an Orten von verschiedenen Breitengraden, für eine Stunde als Zeiteinheit und zur Zeit der Tag- und Nachtgleiche gab auch Marchand folgende Tabelle:

Breite	Summe der chem. Wirkung	Breite	Summe der chem. Wirkung
0 Grad . .	43,836	50 Grad . .	20,390
10 „ . .	41,522	60 „ . .	14,770
20 „ . .	37,178	70 „ . .	9.458
30 „ . .	31,826	80 „ . .	4,544
40 „ . .	26,170	90 „ . .	0,071

Oft machen sich bedeutende Schwankungen der chemischen Intensitäten des Lichtes bei gleichen Sonnenhöhen in verschiedenen Orten geltend, wie dies namentlich aus den Untersuchungen Roscoës hervorgeht. — Er fand z. B. für folgende Orte von gleicher Sonnenhöhe nachstehende chemische Intensitäten (auf Chlorsilberpapier) des zerstreuten Tageslichtes[1]).

Sonnenhöhe	Heidelberg	Cheetham Hill	Owens College
20 Grad	0,33	0,19	0,10
25 „	0,480	0,20	0,11
30 „	0,650	0,23	
35 „	0,820	0,26	
40 „	1,00		
50 „	1,37		
60 „	1,60		

Sehr wichtige Angaben über die Belichtungszeit beim Photographieren in verschiedenen Breitengraden berechnete J. Alfred Scott in Dublin. Die Scottschen Tabellen zeigen in einfachen, klaren Zahlen das Verhältnis der Expositionszeiten für die verschiedensten Breitengrade in jedem Monate und zu jeder Stunde des Tages an, selbstverständlich bei vollkommen sonnenklarem Himmel. Als Einheit wird in diesen Tafeln jene Expositionszeit angenommen, welche innerhalb unserer Breitengrade in der hellsten Stunde des hellsten Monats, d. i. um 12 Uhr mittags im Monat Juni, für irgend eine beliebige Aufnahme erforderlich wäre.

Besonders J. Beck wies auf die Richtigkeit dieser Tabellen hin[2]), wovon wir folgendes entnehmen:

Durch einen Blick können wir uns nun über die früher aufgeworfene Frage, um wie vieles man im Süden kürzer zu belichten habe

---

1) Pogg. Ann., Bd. 128, S. 296.
2) Eders Jahrb. f. Phot. 1904, S. 156.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

als bei uns, aus den nachfolgend abgedruckten Scottschen Tabellen eine vollkommen klare und bestimmte Antwort holen.

Wir brauchen nur zwei entsprechende Tafeln gegenüber zu vergleichen; also z. B. die Tabelle unseres Breitengrades (Tabelle II) mit der Tabelle des Wendekreises (Tabelle V). Da finden wir innerhalb der Monate April bis August 12 Uhr mittags für unsere Breitengrade die Verhältniszahl 1, in der Tabelle des Wendekreises die Verhältniszahl $^3/_4$ — erfahren demnach mit der präzisen und prompten Antwort zugleich auch die, nach den landläufigen Anschauungen ziemlich überraschende Tatsache, daß es mit dem kürzeren Exponieren im tiefen Süden gar nicht so weit her sei: Man hat in der günstigen Jahreszeit (April bis August) um 12 Uhr mittags am Wendekreise nur um ein Viertel kürzer zu exponieren als bei uns.

Um das Vielfache kürzer zu exponieren hat man im Süden jedoch während der Wintermonate, und zwar aus dem altbekannten Grunde, daß im tiefen Süden Sonnenhöhe und Tageslängen innerhalb sämtlicher Jahreszeiten ziemlich konstant bleiben, während bei uns im Laufe des Winters bis zum Solstitium die Zenitdistanzen der Sonne immer größer, die Tage immer kürzer werden.

Infolge dieses Umstandes verhalten sich auch die Verhältnisse der Expositionszeiten zwischen Juni und Dezember mittags am Wendekreise nur wie $^3/_4$ zu $1^1/_4$, in unseren Breitengraden wie 1 zu 4.

Je weiter aber noch die Stunden vom Mittage abrücken, um so größer werden die Unterschiede zwischen jenen Expositionszeiten, die während des Winters in unseren Breitengraden nötig sind, gegen jene, die man im Süden anzuwenden hat. So ist z. B. von November bis Januar um 9 Uhr morgens oder um 3 Uhr nachmittags bei uns schon 12- bis 16mal länger zu belichten als im Juni um 12 Uhr mittags, am Wendekreise nur $1^3/_4$- bis 2mal. — Vor 9 Uhr morgens und nach 3 Uhr nachmittags kann man in Norddeutschland usw. während des Winters überhaupt kaum mehr photographieren; am Wendekreise ist dies schon um 7 Uhr früh und bis 5 Uhr nachmittags möglich. (Dagegen kann man am Wendekreise im Sommer — wie auch sonst während des ganzen Jahres — vor 6 Uhr früh und nach 6 Uhr abends niemals eine Aufnahme machen; im hohen Norden kann dies im Sommer schon um 4 Uhr morgens und bis 8 Uhr abends ganz gut geschehen.)

Beim Arbeiten im wolkenlosen Ägypten und anderen sonnigen Gegenden des Südens machen sich aber Abweichungen von der gewöhnlichen Expositionsregel geltend. Man findet in der Landschaft helle,

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

grelle Lichter, beinahe ohne Übergang, unmittelbar neben tiefdunklen, schweren, fast detaillosen Schatten. Demzufolge kann nach J. Beck hier — trotz der Theorie — von einem kürzeren Exponieren keine Rede sein; im Gegenteil muß man hier — der schweren Schatten wegen — länger exponieren, als man es unter denselben Umständen bei uns zu Hause nötig hätte.

Die Ursache, welche das Auftreten dieser großen Lichtkontraste, insbesondere der tiefdunklen, schweren Schatten, veranlaßt, ist klar. Die reinere Luft des Südens — eben wegen ihrer Klarheit und Lichtdurchlässigkeit — zerstreut das Sonnenlicht nicht so reichlich als unsere Luft, und daß infolgedessen die Schatten, weil nur wenig durch zerstreutes Licht aufgehellt, vielfach schwerer und dunkler sein müssen als in unseren Breitengraden.

Am überraschendsten tritt die Erscheinung der tiefdunklen Schatten unter dem Einflusse der trockenen, kristallklaren Wüstenluft Ober-Ägyptens hervor.

J. Beck hatte drei Wochen lang, während welcher Zeit er sich teils am Nil, teils in der Wüste aufhielt, absolut keine Gelegenheit, Probeentwicklungen vornehmen zu können; trotzdem war er von der Richtigkeit seiner Beobachtungen derart durchdrungen, daß er beinahe sämtliche Aufnahmen länger exponierte, als dies nach der Theorie erlaubt gewesen wäre. Und die Resultate haben ihm nachträglich glänzend Recht gegeben.

Nach all dem Vorhergeschickten faßt J. Beck demnach seine Erfahrungen bezüglich des Exponierens im Süden, wie er sie zum Teile schon gleich nach seiner damaligen Rückkunft publiziert hatte (Wiener Phot. Blätter 1898, S. 267, und Phot. Korresp. 1899, S. 45) und seitdem zu wiederholten Malen in Afrika, Spanien, Griechenland usw. wieder zu erproben Gelegenheit hatte, in folgendem zusammen:

Es darf, wie J. Beck mit Recht hervorhob, im Süden nur dann relativ kürzer belichtet werden, wenn sich fast sämtliche Teile des aufzunehmenden Gegenstandes in vollem Lichte befinden. Sind aber ausgebreitete oder wesentliche Partien des aufzunehmenden Objektes von Schatten bedeckt, dann hat man nicht nur nicht kürzer, sondern mindestens ebenso lange — bei trockener, besonders klarer Luft sogar bis doppelt so lange — zu belichten, als es bei uns unter gleich günstigen Lichtverhältnissen der Fall wäre, selbstverständlich unter Berücksichtigung jener Abweichungen, welche sich aus der Verschiedenartigkeit der Jahreszeiten (resp. der Zenitdistanzen und Tageslängen) innerhalb unserer Breitengrade und denen der betreffenden südlichen Breite ergeben.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Tabellen

über die verhältnismäßigen Expositionszeiten zu allen Tagesstunden innerhalb sämtlicher Monate des Jahres, für verschiedene Breitengrade berechnet von Professor J. Alfred Scott in Dublin.

Tabelle I.

Für Gegenden in der beiläufigen nördlichen Breite von 60° (Norwegen usw.).

Vormittag	Nachmittag	Juni	Mai Juli	April August	März Septbr.	Februar Oktober	Januar Novbr.	Dezbr.
12		1	1¼	1¼	1¾	2¼	2¼	3½
11	1	1	1¼	1½	1¾	2¼	3	8
10	2	1¼	1¼	1½	2	2½	4	14
9	3	1¼	1½	1¾	2¼	3½	7	
8	4	1½	1¾	2¼	3½	6		
7	5	2	2½	3½	6			
6	6	2½	3½	6				
5	7	4	8					
4	8	7						

Tabelle II.

Für Gegenden in der beiläufigen nördlichen Breite von 53° (Britische Inseln, Norddeutschland, Canada usw.).

Vormittag	Nachmittag	Juni	Mai Juli	April August	März Septbr.	Februar Oktober	Januar Novbr.	Dezbr.
12		1	1	1¼	1½	2	3½	4
11	1	1	1	1¼	1½	2½	4	5
10	2	1	1	1¼	1¾	3	5	6
9	3	1	1¼	1½	2	4	12	16
8	4	1½	1½	2	3	10		
7	5	2	2½	3	6			
6	6	2½	3	6				
5	7	5	6					
4	8	12						

Tabelle III.

Für Gegenden in der beiläufigen nördlichen Breite von 40° (Vereinigte Staaten, Armenien, Spanien, Italien, Japan).

Vormittag	Nachmittag	Juni	Mai Juli	April August	März Septbr.	Februar Oktober	Januar Novbr.	Dezbr.
12		1	1	1	1	1¼	1½	2
11	1	1	1	1	1¼	1¼	1½	2
10	2	1	1	1¼	1¼	1½	1¾	2½
9	3	1¼	1¼	1¼	1½	2	2½	3½
8	4	1½	1½	1¾	2¼	2¾	4	8
7	5	2	2½	2¾	4	7		
6	6	3½	5	8				
5	7	9						

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Tabelle IV.

Für Gegenden in der beiläufigen nördlichen Breite von 30° (China, Ägypten, südliche Teile der Vereinigten Staaten).

Vormittag	Nachmittag	Juni	Mai Juli	April August	März Septbr.	Februar Oktober	Januar Novbr.	Dezbr.
12		3/4	1	1	1	1	1 1/4	1 1/2
11	1	1	1	1	1	1	1 1/4	1 1/2
10	2	1	1	1	1	1 1/4	1 1/2	2
9	3	1	1	1 1/4	1 1/4	1 1/2	1 3/4	2 1/2
8	4	1 1/2	1 1/2	1 3/4	2	2 1/4	3	5
7	5	2	2 1/2	2 3/4	3 1/2	6	9	
6	6	6	8	14				

Tabelle V.

Für Gegenden in der beiläufigen nördlichen Breite von 23° (Indien, Mexiko).

Vormittag	Nachmittag	Juni	Mai Juli	April August	März Septbr.	Februar Oktober	Januar Novbr.	Dezbr.
12		3/4	3/4	3/4	1	1	1	1 1/4
11	1	1	1	1	1	1	1 1/4	1 1/4
10	2	1	1	1	1	1 1/4	1 1/4	1 1/2
9	3	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/2	1 1/2	1 3/4	2
8	4	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 3/4	2	2 1/4	3
7	5	2 1/4	2 1/2	2 3/4	3 1/2	4	6	15
6	6	6	7	12				

Tabelle VI.

Für Gegenden in der Nähe des Äquators (Brit. Guyana, Nordbrasilien, Zentralafrika, Sumatra, Borneo usw.)

Vormittag	Nachmittag	Juni Dezember	Januar Mai, Juli November	Februar April, August Oktober	März September
12		1	1	3/4	3/4
11	1	1	1	1	1
10	2	1	1	1	1
9	3	1 1/2	1 1/4	1 1/4	1 1/4
8	4	2	1 3/4	1 3/4	1 3/4
7	5	3 1/2	3 1/2	3	3

Tabelle VII.

Für Gegenden südlicher Breite, beiläufig 23° (Nordaustralien, Madagaskar, Südbrasilien).

Vormittag	Nachmittag	Dezbr.	Novbr. Januar	Oktober Februar	Septbr. März	August April	Juli Mai	Juni
12		3/4	3/4	3/4	1	1	1	1 1/4
11	1	1	1	1	1	1	1 1/4	1 1/4
10	2	1	1	1	1	1 1/4	1 1/4	1 1/2
9	3	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/2	1 1/2	1 3/4	2
8	4	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 3/4	2	2 1/4	3
7	5	2 1/4	2 1/2	2 3/4	3 1/2	4	6	15
6	6	6	7	12				

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Tabelle VIII.

Für Gegenden südlicher Breite, beiläufig 30° (Südaustralien, Capland, Argentinien usw.).

Vormittag	Nachmittag	Dezbr.	Novbr. Januar	Oktober Februar	Septbr. März	August April	Juli Mai	Juni
12		3/4	1	1	1	1	1 1/4	1 1/2
11	1	1	1	1	1	1	1 1/4	1 1/2
10	2	1	1	1	1	1 1/4	1 1/2	2
9	3	1	1	1 1/4	1 1/4	1 1/2	1 3/4	2 1/2
8	4	1 1/2	1 1/2	1 3/4	2	2 1/4	3	5
7	5	2	2 1/2	2 3/4	3 1/2	6	9	
6	6	6	8	14				

Tabelle IX.

Für Gegenden südlicher Breite, beiläufig 40° (Australien, Melbourne, Neu-Seeland usw.).

Vormittag	Nachmittag	Dezbr.	Novbr. Januar	Oktober Februar	Septbr. März	August April	Juli Mai	Juni
12		1	1	1	1	1 1/4	1 1/2	2
11	1	1	1	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/2	2
10	2	1	1	1 1/4	1 1/4	1 1/2	1 3/4	2 1/2
9	3	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4	2	2 1/2	3 1/2
8	4	1 1/2	1 1/2	1 3/4	2 1/4	2 3/4	4	8
7	5	2	2 1/2	2 3/4	4	7		
6	6	3 1/2	5	8				
5	7	9						

Anmerkung: Diese Tabellen setzen vollständig sonnenklares Wetter voraus. Die in den Rubriken erscheinenden Zahlen geben nicht die Expositionszeit selbst an, sondern sind nur Verhältniszahlen für die Exposition, d. h. sie geben an, um wie vieles man zu einer bestimmten Stunde irgend eines Monats länger oder kürzer zu belichten habe als während der Sommermonate unserer Breitengrade zu Mittag (Verhältniszahl 1).

(Beispiel: Wenn irgend ein Objekt im Juni um 12 Uhr mittags eine Expositionszeit von 1/2 Sekunde erfordern würde, so ist am selben Tage um 6 Uhr nachmittags (Tabelle II) 2 1/2 mal so lange = 1 1/4 Sekunden zu exponieren. — Im Dezember finden wir um 12 Uhr die Zahl 4, also $4 \times 1/2 = 2$ Sekunden, im Dezember um 3 Uhr nachmittags die Zahl $16 = 16 \times 1/2$, d. i. 8 Sekunden usw.)

Siegfried Strakosch veröffentlicht in den Sitzungsber. der k Akad. d. Wiss. in Wien (November 1908) eine Arbeit, betitelt: „Ein Beitrag zur Kenntnis des photochemischen Klimas von Ägypten und dem ägyptischen Sudan." Diese Abhandlung enthält die Beobachtungen über den Verlauf der chemischen Lichtstärke an durchweg sonnigen Tagen in der Zeit von 8 Uhr vormittags bis 4 Uhr nachmittags zwischen dem 15. Februar und dem 3. März 1908 in Kairo, Luxor,

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Assuan und Khartum. Durch Vergleich der Beobachtungen ergab sich für gleiche Sonnenhöhen eine Zunahme der chemischen Intensität mit dem Fortschreiten nach dem Süden. Strakosch scheint die Vermutung nicht unberechtigt, daß die Zunahme der Lichtstärken in der Richtung gegen den Äquator zu auf der Höhenzunahme der Atmosphäre in der Richtung von den Polen zum Äquator beruhe. (Eders Jahrb. f. Phot. 1909, S. 267.)

V. Verhältnis der chemischen Intensität des direkten Sonnenlichtes zu der des zerstreuten Himmelslichtes.

Das Verhältnis der Helligkeit von direktem Sonnenlicht zum zerstreuten Tageslicht (Himmelslicht) ist vom Sonnenstande abhängig. So lange die Sonnenhöhe dem Horizont nahe steht überwiegt das zerstreute Himmelslicht, bei etwa 50° Sonnenhöhe sind die Intensitäten desselben und des direkten Sonnenlichtes gleich, bei noch höherem Sonnenstande überwiegt das direkte Sonnenlicht bedeutend.

Aus der oben gegebenen Holetschekschen Tabelle ist ersichtlich, daß die Intensität des Sonnenlichtes (richtig gesagt, die Summe des direkten Sonnen- und blauen Himmelslichtes) um die Mittagsstunde um das Zweifache (Winter) bis Vierfache (Sommer) größer als die des zerstreuten Tageslichtes ist, daß gegen Morgen und Abend im Sommer das Sonnenlicht immer noch ungefähr doppelt so stark wirkt, dagegen im Winter zwischen diesem und dem diffusen Lichte nur ein sehr geringer Unterschied besteht.

Diese Zahlen stimmen mit den Angaben der praktischen Photographen überein. In der Regel rechnet man für das Kopieren im Schatten drei- bis viermal so viel Zeit als im Sonnenlicht. Landschafter exponieren eine direkt vom Sonnenlicht beleuchtete Landschaft ungefähr halb so lang als bei zerstreutem Licht.

Absolut genaue Zahlen über das Verhältnis zur chemischen Intensität des direkten Sonnenlichtes zu der des zerstreuten lassen sich nicht geben. Nach Roscoë und Baxendell[1]) ist dieses Verhältnis für eine bestimmte Sonnenhöhe an verschiedenen Orten kein konstantes, sondern es wechselt mit der Durchsichtigkeit und anderen Zuständen der Atmosphäre.

Nach J. v. Wiesner[2]) ist nicht nur die Zunahme der Stärke des direkten Sonnenlichtes gegenüber dem Himmelslicht um so größer je höher der Sonnenstand ist, sondern man muß bei der Feststellung

1) Pogg. Ann. Bd. 128, S. 291.

2) So die populäre Darstellung dieses Gegenstandes von Wiesner in d. Österr. Rundschau 1910, S. 50.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

dieser Verhältniszahl auch die Seehöhe des Beobachtungsortes berücksichtigen.

Bis zu einer nicht unbeträchtlichen Sonnenhöhe ist bei geringer Erhebung des Beobachtungsortes über dem Meeresniveau die Lichtstärke des ganzen Himmels größer als die des direkten Sonnenlichtes und erst bei großen Sonnenhöhen stehen diese beiden Lichtstärken im Gleichgewicht oder es überragt die Lichtstärke der Sonne die des Himmels um das Anderthalbfache bis Doppelte. Bei starker Erhebung über die Meeresfläche erfolgt aber eine große Steigerung der Intensität der direkten Sonnenstrahlen. So habe ich im Yellowstonegebiete auf einer Seehöhe von 2000 bis 3000 m festgestellt, daß das Sonnenlicht im äußersten Falle siebenmal so stark als das Himmelslicht werden kann. Es ändert sich mit der Seehöhe auch die Stärke des Gesamtlichtes (Sonnen- und Himmelslicht zusammengenommen); aber diese Größe ändert sich auch mit der geographischen Breite. Die Sache liegt nicht so einfach, als daß man aus Sonnenhöhe, Seehöhe und geographischer Breite die jeweilige (chemische) Gesamtintensität des Lichtes berechnen könnte. Es spielen hier wechselnde, zum Teil auch noch unbekannte Zustände der Atmosphäre eine so große Rolle, daß nur durch lange fortgesetzte Beobachtungen der Zusammenhang zwischen der Lichtstärke und dem Beobachtungsort festzusetzen ist. Es herrschen also bei dem Zustandekommen des Lichtklimas ähnliche Verhältnisse wie bei dem des Wärmeklimas: hier wie dort muß die direkte Beobachtung zu den erforderlichen Feststellungen herangezogen werden.

Otto Freiherr von Myrbach-Rheinfeld untersuchte die Abhängigkeit des Transmissionskoeffizienten der Atmosphäre für die Sonnenstrahlung von Feuchtigkeit, Luftdruck und Wetterlage in Innsbruck. Zugrunde liegen 792 Messungen der Sonnenstrahlung, die im ersten Halbjahr 1908 in Innsbruck mit einem Angströmschen Kompensationspyrheliometer ausgeführt wurden; aus ihnen wurden die Werte des Transmissionskoeffizienten berechnet. Sie zeigen eine gewisse Abhängigkeit vom Dampfdruck und nach Elimination dieses Einflusses auch einen überraschenden Zusammenhang mit dem Luftdruck. Dieser Zusammenhang läßt sich zurückführen auf den Einfluß der Wetterlage und führt zu dem Schlusse, daß die Atmosphäre bei aufsteigenden Strömungen viel weniger durchlässig ist als bei vertikalem Gleichgewicht, bei absteigenden Strömungen hingegen bedeutend transparenter. (Eders Jahrb. f. Phot. 1910, S. 456.)

John Sebelien berichtet über die Schwankung der Stärke des ultravioletten Lichtes bei natürlicher Beleuchtung (Chem.-Ztg. Bd. 28, S. 1259; Chem. Zentralbl. 1905, Bd. 1, S. 323). Verfasser hat mit dem Ederschen Gemisch von Quecksilberchlorid- und Ammoniumoxalatlösung taglich Messuugen des ultravioletten Lichtes südlich von Christiania vorgenommen. Die monatlichen Durchschnittsmengen schwankten für den Tag berechnet zwischen 3,6 mg und 262 mg Quecksilberchlorürabscheidung. Für einzelne Beobachtungstage waren die Schwankungen noch viel größer, nämlich von einigen Zehnteln Milligramm (im Dezember der beide Jahre)

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

bis 590,4 mg am 23. Juli 1899. Im ganzen war wohl die ultraviolette Strahlung mit der Dauer und Stärke des sichtbaren Sonnen- und Tageslichtes steigend und fallend, aber im einzelnen war durchaus keine Proportionalität zwischen diesen Größen nachzuweisen. Die ultraviolette Bestrahlung kann für verschiedene, dicht nebeneinander liegende Flächen sehr verschieden sein. Im allgemeinen besteht ein umgekehrtes Verhältnis zwischen dem Niederschlag von Quecksilberchlorür und Sonnenfleckenzahl. Während das ultraviolette Licht bei größeren Sonnenhöhen unzweifelhaft am größten ist in direktem Sonnenlicht, tritt es bei niedrigeren Sonnenhöhen dagegen mehr in zerstreutem Himmelslicht hervor. Der Umschlag scheint bei etwa 30 Grad Sonnenhöhe zu liegen. Es zeigte sich häufig keine sichere Abhängigkeit zwischen den ultravioletten Intensitäten und der Sonnenhöhe, da die Lichtdurchlässigkeit der Atmosphäre durch terrestrische Einflüsse stark beeinflußt wird (Chem.-Ztg. Bd. 29, S. 879; Chem. Zentralbl. 1905, Bd. 2, Nr. 12, S. 876; Eders Jahrb. f. Phot. 1906, S. 445).

VI. Die Schwankungen der chemischen Lichtintensitäten bei scheinbar klarem Himmel im Laufe eines Tages und Absorption der aktinischen Strahlen in der Atmosphäre.

Die im Vorhergehenden behandelten Gesetzmäßigkeiten treten nur bei einer ideal klaren Witterung ein, welche nur äußerst selten vorkommt.

Oft machen sich eigentümliche Schwankungen in der photographischen Wirkung des Lichtes im Laufe eines ganz wolkenlosen Tages geltend, wo man sie nicht erwarten sollte.

Schon Daguerre hat gefunden, daß ein photographischen Bild bei gleicher Sonnenhöhe vormittags sich schneller bildet als nachmittags, also um 11 Uhr schneller als um 1 Uhr[1]).

Diese Angabe wurde durch die photographische Erfahrung während 20 Jahren bestätigt, ohne daß die Ursache der Erscheinung näher bekannt war.

Crookes fand 1856, daß zu allen Jahreszeiten das Spektrum vom Mittag Strahlen von höherer Brechbarkeit enthält, als die Spektra von anderen Stunden des Tages und daß zur Zeit des Sommersolstitiums dieses in einem höheren Grade stattfindet als in den anderen Jahreszeiten[2]).

Nach Cornu ist das Sonnenspektrum bei gleicher Sonnenhöhe im Winter ausgedehnter als im Sommer, infolge des geringeren Wassergehaltes der Atmosphäre[3]).

Roscoë entging diese Unregelmäßigkeit nicht und er versuchte

---

1) I. Kapitel, S. 135.
2) Pogg. Ann. Bd. 97, S. 616; Lumière 1856, S. 21.
3) Beibl. z. d. Ann. Phys. Chem. 1878, S. 339.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

das Gesetz des Verlaufes der chemischen Intensität während eines normalen wolkenlosen Tages durch die Gleichung:

$$J_h = J_o + ah$$

auszudrücken, worin J_h die normale Intensität bei der Sonnenhöhe h, J_o und a zwei Konstante bedeuten. Diese Konstanten sind aber an jedem Beobachtungsort andere[1]).

Nach Pernter aber läßt sich aus den Beobachtungen Roscoës und Thorpes eine Störung dieses regelmäßigen Ganges finden und es fand in Lissabon (1865) um 2 Uhr herum an wolkenlosen Tagen regelmäßig eine bedeutende Herabdrückung der chemischen Intensität statt, in Catania dagegen (Winter 1870) fiel das Maximum auf 11 Uhr und mittags. Nachmittags trat eine erhebliche Verminderung der Intensität ein, so daß die Zeiten gleicher Sonnenhöhe vormittags eine größere Intensität aufwiesen als nachmittags.

Janssen fand die Ursache der Abnahme der chemischen Wirkung der Sonne im Lauf des Nachmittags in der Zunahme des Wasserdampfes, der bei höherem Stande der Sonne die Atmosphäre erfüllt und alsdann schwächend, weil absorbierend, auf die chemische Kraft der Sonnenstrahlen wirkt. Insbesondere wird das Ultraviolett stark geschwächt.

Wiesner und seine Schüler haben unter anderem gefunden, daß die größte Lichtintensität des Jahres nicht auf den Tag der größten Sonnenhöhe (21. Juni), sondern, je nach der Lokalität, mehr oder minder verspätet auftritt, daß — selbst unbedeckten Himmel vorausgesetzt — sich zu Mittag nicht selten eine Depression der Intensität einstellt, die im ägyptischen Wüstengebiet sehr scharf zutage tritt, aber auch bei uns zeitweise zu beobachten ist. So ist ferner im Zusammenhalte meiner Beobachtungen mit den von Siegfried Strakosch im Sudan gewonnenen anzunehmen, daß die klar vorm Auge liegende Steigerung der Lichtstärke in der Richtung vom Pol zum Äquator eine gewisse Hemmung erfährt, die wohl auf die mit der Abnahme der geographischen Breite erfolgende Zunahme der Höhe der Atmosphäre zurückzuführen sein dürfte.

Im allgemeinen ist die Menge des Wasserdampfes in der Atmosphäre kurz nach Mittag am größten. Da nun von da ab die Sonne selbst sinkt, so sind es zwei Ursachen — nämlich die Menge des Wasserdampfes und der tiefere Stand der Sonne, welche des Nachmittags eine entschiedene Abnahme der photographischen Kraft der Sonne herbei-

1) Z. B. schwankt J_0 von $-0{,}0199$ (Catania) bis $+0{,}056$ (Parà) und a von 0,0033 (Manchester) bis 0,01229 (Parà). Nach Pernter scheint die Konstante a mit der Annäherung an den Äquator zu wachsen.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

führen, während am Morgen, da während der Nacht die Dämpfe meistenteils niedergeschlagen sind und die Sonne erst einen relativ kleinen Teil wieder verdampft hat, die photographische Kraft der Sonne notwendig größer sein muß[1]).

Die Lichtabsorption der Luft ist wesentlich und wird nach Wild (1868[2]) besondern durch folgende Umstände beeinflußt:

Suspendierter Staub vermindert die Durchsichtigkeit der Luft in einem sehr hohen, die übrigen Umstände durchweg überwiegenden Grade. Ferner verringert auch die Bewegung der Luft, insofern dadurch Schichten von verschiedener Dichtigkeit gebildet werden, oder Staub aufgewirbelt wird, beträchtlich ihre Durchsichtigkeit. Möglichst staubfreie Luft übt eine stärkere Absorption auf das Licht aus, wenn sie mit Wasserdampf nahezu gesättigt ist, als wenn sie trocken ist.

Nach Lecher bewirkt auch die Kohlensäure der Luft eine starke atmosphärische Absorption der Sonnenstrahlen[3]).

Nach Roscoë und Thorpe (1870) ist auch die Temperatur der Luft von Einfluß und zwar ist bei gleicher Sonnenhöhe die chemische Intensität des Lichtes um so größer, je höher die mittlere Temperatur der Luft ist.

H. W. Vogel beobachtete die Wirkung des direkten Sonnenspektrums auf Bromsilberplatten (Kollodium) zu verschiedenen Tageszeiten. Er konstatierte, daß an jedem Tag bei konstantem Wetter die chemische Einwirkung mit der Sonnenhöhe stieg, daß aber selbst ganz zarte Dunstschleier äquivalent mit einer Höhendifferenz von 10 Grad sein können. Um 7 Uhr früh zeigte sich gewöhnlich eine Wirkung im Indigo und Blau, am kräftigsten bei G, nach F und H hin abnehmend, in der Regel vor diesen Linien verschwindend. Daneben zeigte sich stets eine sehr merkliche Gelbwirkung, am kräftigsten in D, in Orange rasch, nach E langsam abnehmend. Mit vorrückender Tagesstunde wuchs die Intensität im Indigo beträchtlich, weniger im Grün und Gelb, zugleich traten die ultravioletten Strahlen auf. Um Mittag erreichte die chemische Wirkung an allen Stellen die höchste Intensität und nahm nachmittags in der Regel symmetrisch ab, nur abends 5 Uhr war meist ein positiver oder negativer Unterschied gegen früh 7 Uhr zu bemerken. An einem Tage zeigte sich eine ganz besonders starke Wirkung in Gelb und geringe in Blau und Violett. Abhängigkeit von Barometer und Psychrometer ließ sich nicht nachweisen. Das Wasser in flüssiger zerteilter Form übt den größten Einfluß auf die Durchsichtigkeit der Luft aus[4]).

Da die Absorption der ultravioletten Strahlen in der Atmosphäre so bedeutend ist, so hoffte Cornu[5]) dadurch, daß er sich zu bedeuten-

1) Phot. Arch. 1870, 160; Naturforscher III, 1.

2) Pogg. Ann. Bd. 134, S. 568.

3) Wiener Akad. Berichte 1880.

4) Pogg. Ann. 1875, 156, 319; Jahresber. Chem. 1875, 146.

5) Comptes rendus Bd. 88, S. 1285; Bd. 59, S. 808; Naturforscher 1880, Bd. 13, S. 21 und 233.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

den Höhen erhob, die ultraviolette Grenze des Sonnenspektrums in merklicher Weise hinauszuschieben. Er fand aber bei seinen Versuchen, daß die ultraviolette Grenze des Spektrums sich selbst bei Höhendifferenzen von 1910 m nur in geringem Grade erweitert (s. S. 9 und 13).

Wiesner und Somec stellten das Anwachsen der Gesamtintensität der chemisch wirksamen Strahlen mittels Silberpapieren fest, z. B. betrugen die Intensitätszunahmen beim Aufstieg im Luftballon auf 4078 m Seehöhe 47 %, in einem anderen Fall bei einer Höhendifferenz von 3528 m sogar 101 % der auf der Erde herrschenden chemisch wirksamen Lichtintensität (Eders Jahrb. f. Phot. 1909, S. 336).

Der Gang der chemischen Intensität während des wolkenlosen Tages ist nicht nur von der Sonnenhöhe abhängig, sondern auch von der Feuchtigkeit, dem Barometerstande und allem dem, was die Opaleszenz der Atmosphäre beeinflußt.

An den verschiedenen Orten und zu verschiedenen Jahreszeiten scheint es fast zweifellos der Wechsel des Feuchtigkeitszustandes der Luftschichten zu sein, welcher die Intensitäts-Maxima verschiebt und die Intensität erniedrigt und auch wohl zu bestimmten Stunden eine besonders hervortretende Herabdrückung derselben bewirkt.

Da bei der Änderung der chemischen Intensitäten des Lichtes an normalen wolkenlosen Tagen sich Differenzen in der Regelmäßigkeit wahrnehmen lassen, so müssen selbe vom Wassergehalt, Feuchtigkeitszustande der Luftschicht, dem dadurch bedingten variablen Zerstreuungsvermögen für Licht usw. sich ergeben.

Da, wo trockene Nordostwinde vorherrschen und die hohe Temperatur der Verdichtung des Wasserdampfes gerade entgegenwirkt, werden größere Intensitäten sich ergeben. In den nördlicheren, von feuchten Südwest- und Westwinden beherrschten Regionen, wo übrigens die Temperatur auch niedriger ist, wird das Gegenteil eintreten.

VII. Einfluß der Bewölkung auf die chemische Intensität des Tageslichtes.

Welchen Einfluß hat die Bewölkung auf die chemische Intensität des Tageslichtes?

Diese Frage ist nicht leicht zu beantworten, da ja der gleiche Grad der Bewölkung einen sehr verschiedenartigen Einfluß ausüben kann, je nach der Dicke und Dichte der Wolkenschichten, der Färbung, der Form und besonders der Lage der Wolken gegen die Sonne.

Roscoë wies schon 1863 und 1864 nach, daß Nebel und Wolken die chemische Wirkung des Sonnenlichtes weit bedeutender schwächen, als man es nach unseren menschlichen Lichtempfindungen glauben

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

sollte; schon ganz zarte Nebel üben eine mächtige absorbierende Wirkung auf die chemischen Strahlen aus, wenn das Auge noch keine reine Lichtverminderung bemerkte. So z. B. betrug am 18. März die Intensität nur $^1/_{25}$ von derjenigen, welche sonst zu dieser Zeit bei heiterem Himmel stattfand; die Ursache war ein kaum bemerklicher dünner Nebelschleier vor der Sonne. Weniger auffallend war die Wirkung eines Nebelschleiers vom 28. September 1864, wo die Intensität so geschwächt wurde, daß sie $^1/_4$ der normalen betrug. Als der Nebel im Verschwinden war und die Sonne durchblickte, stieg die Intensität zwar etwas, erreichte aber nur den dritten Teil der normalen[1]). Nach Roscoë sind Fälle genug bekannt, in welchen binnen 15 Minuten die Intensität ums Doppelte stieg oder sank.

Es kann aber auch mitunter ein teilweise bewölkter Himmel intensiver wirken als ein rein blauer. Bunsen fand einmal, daß ein leichter Wolkenschleier das Beleuchtungsvermögen des zur Beobachtung verwendeten Himmelsstückes um mehr als das Vierfache erhöhen kann[2]).

So beherrschen die Wolken als mächtige Schirme oder Reflektoren die Zufuhr des Lichtes.

Oft ist bei einem feinen Siebregen das zerstreute Tageslicht so hell, daß in einer Landschaft Licht- und Schattenseiten deutlich hervortreten; gewöhnlich aber ist die Reflexbeleuchtung auf der Schattenseite so hell, wie die Beleuchtung der sonst richtigen Lichtseite (Krone[3]).

Im allgemeinen rechnet man für photographische Aufnahmen bei trübem Wetter ungefähr die dreifache Exposition als im zerstreuten Licht bei klarem Himmel.

Stelling rückte der Lösung der Frage über den Einfluß der Bewölkung auf die chemische Intensität der Wirkung näher (1878), indem er sich die Aufgabe in drei Teile teilte: 1. Einfluß der teilweisen Bewölkung bei hellem Sonnenschein; 2. Einfluß der teilweisen Bewölkung, Sonne hinter den Wolken verborgen; 3. Einfluß des vollkommen bedeckten, eintönig grauen Himmels.

Es ergab sich das merkwürdige Resultat, daß eine teilweise Bewölkung wenig Einfluß auf die Gesamtintensität des Lichtes übte, wenn die Sonne selbst frei schien; der Einfluß machte sich bald als eine kleine Intensitätsvermehrung, bald als eine kleine Verminderung bemerkbar.

Die Bedeckung der Sonne und teilweise Bewölkung des Himmels bringt immer eine Erniedrigung der Intensität und zwar von 14 bis

1) Phot. Korresp. 1877, S. 64.
2) Pogg. Ann. Bd. 108, S. 237.
3) Phot. Korresp. 1872, S. 170.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

40 %, im Mittel von 30% mit sich. Je höher die Sonne steht, desto tiefer ist die Erniedrigung der Intensität.

Durch einen vollkommen bedeckten, eintönig grauen Himmel wird die Intensität um mehr als die Hälfte, sogar um 75% geschwächt. Im allgemeinen sinkt die Intensität am meisten, wenn sich zu eintönig grauer Bewölkung noch Nebel oder Niederschläge gesellen (Verlust bis 89%).

Ähnliche Angaben machte Marchand[1]).

Eigentümlich ist es, daß die Maxima der Lichtintensität nicht immer mit den klarsten Tagen zusammenfallen, was man erwarten möchte (Stelling).

VIII. Schwankungen der chemischen Lichtintensitäten im Laufe des Jahres.

Selbstverständlich sind die chemischen Lichtintensitäten zu verschiedenen Jahreszeiten zunächst von der Sonnenhöhe abhängig (s. S. 13).

Ebenso wie während eines Tages selbst bei scheinbar klarem Himmel die Intensität der chemischen Strahlen unregelmäßig steigt und fällt, so machen sich im monatlichen Gang der Intensität während des Jahres Abnormitäten geltend, welche um so größer scheinen, als hierbei der Einfluß der Bewölkung den Einfluß aufspart. Dies gilt namentlich für die Beobachtungen Marchands, weil er bei seiner Methode (s. u.) die Summe der täglichen Lichtwirkung erhielt, ohne Rücksicht auf die Klarheit oder Trübe des Himmels.

Die chemische Intensität schwankt nach Roscoë im Laufe des Jahres sogar um das 153fache; es ist das eine so enorme Schwankung, wie wir sie bei der Temperatur nicht im entferntesten vorfinden.

Die Lichtintensität zu Fécamp für die einzelnen Monate des Jahres nimmt nach Marchands 11jährigen Beobachtungen folgenden Verlauf:

	Mittel		Mittel
Januar	1,84	Juli	21,49
Februar	3,98	August	18,93
März	6,44	September	13,60
April	14,09	Oktober	6,90
Mai	18,11	November	2,90
Juni	21,04	Dezember	1,74

Aus Marchands Beobachtungen geht hervor, daß die Intensität zu Fécamp nach dem Sommersolstitium bedeutend höher ist als vor demselben in gleichen Distanzen von der letzten Dekade des Juni und

1) Vgl. Pizzighelli, „Aktinometrie“ (S. 131).

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

daß das Maximum in den Monat Juli fällt und der August eine höhere Intensität aufweist als der Mai. Das Minimum fällt auf den Januar.

In Kew ist der monatliche Gang der chemischen Intensität (1865 bis 1867) im Mittel folgender[1]):

Januar	14,5	Juli	110,6
Februar	23,0	August	91,7
März	32,5	September	88,5
April	75,1	Oktober	26,9
Mai	98,8	November	16,7
Juni	87,3	Dezember	10,0

Auch hier fällt das Maximum auf den Juli, und August und September behaupten das Übergewicht gegen Mai und April.

Als Monatsmittel der chemischen Intensität des Lichtes in Petersburg für 1 Uhr nachmittags (1874—1875) gibt Stelling folgende Tabelle, in welcher eine andere Einheit als in jeder der beiden vorigen angenommen ist:

Januar	0,027	Juli	0,227
Februar	0,064	August	—
März	0,120	September	—
April	0,163	Oktober	—
Mai	0,277	November	0,035
Juni	0,292	Dezember	0,017

IX. Abnorme Fälle von Unschärfe durch wallende Bewegung der Atmosphäre. — Photographie einer Luftspiegelung.

Die erhitzte Luft verursacht durch ihre wallende Bewegung häufig ganz unscharfe Bilder — eine dem Astronomen wohlbekannte Erscheinung.

Man hat beobachtet, daß z. B. ein Getreidefeld zur Mittagszeit im Hochsommer durch die lebhafte Bewegung der durch die Sonne erhitzten Luft Erscheinungen der Unschärfe im Bilde veranlaßte[2]). Ähnliches verursacht auch die von einem brennenden Feuer aufsteigende Luft.

Ein eigentümlicher Fall von Unschärfe im Negativ, welche durch warme Luftströmungen bewirkt wird, ist bei einer Aufnahme im Innern eines der Schiffe des Kölner Domes beobachtet worden. Das Bild war überall ganz scharf, ausgenommen an einer gewisse weißen Stelle, die sich zufälligerweise in der Mitte des Schiffes befand; daselbst waren alle einzelnen Gegenstände unscharf. Der Grund lag darin, daß eines

1) Mit dem Pendelphotometer und auf eine andere Einheit bezogen als die vorige.

2) Brit. Journ. Almanac 1881.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

der großen gemalten Fenster während der Exposition geöffnet war und durch dasselbe die Sonne eintrat; dadurch geriet die Luft im Innern des kühlen Domes in Bewegung und veranlaßte diese Erscheinung[1]).

Eine ähnliche Unschärfe des Bildes zeigte sich in einer Landschaft, und es fand sich später, daß an der betreffenden Stelle kurz vor der Aufnahme heiße Schlacken aus einem Hochofen hingeworfen worden waren[2]).

Man hat auch absichtlich durch künstliche Mittel die Atmosphäre vor einem aufzunehmenden Porträt in zitternde Bewegung gebracht, in der Absicht, weiche Porträts, welche man dann Vibrotypen nannte, herzustellen. Kurtz erzielte diesen Effekt, indem er 6—8 Bunsensche Gasbrenner vor und unter die Linse stellte und das Porträt durch eine Schicht heißer Luft aufnahm; dadurch vibrierten die Linien, ohne die Konturen zu ändern[3]). Hartmann brachte die Luftvibration durch eine vor dem Objektiv angebrachte, in einer Rinne von 6 Zoll brennende Spiritusflamme hervor; die Bilder erhalten eine leise Unschärfe. Prümm hält dafür, daß diese Unschärfe den Bildern nicht zum Nachteil, doch auch nicht wesentlich zum Vorteil gereiche. Reichardt erhielt bei einer Spirituslampe aber eine solche Unschärfe, daß die Bilder gänzlich unbrauchbar waren[4]).

Hier soll auch die Photographie einer Luftspiegelung erwähnt werden. Symons photographierte die Kirche zu Tenby; auf einem der Negative bemerkte man einen undeutlichen Streifen unter dem Wetterhahn des Turmes; in gewöhnlicher Stellung weiß man nicht, was man aus dem Streifen machen soll; stellt man jedoch das Bild auf den Kopf, so erkennt man ganz deutlich ein Boot von 1 Zoll Länge mit Fahnen und Segel. Es ist festgestellt, daß um diese Zeit, als die Aufnahme geschah, ein von dem Pembroke-Dock frisch vom Stapel gelassenes Kanonenboot sich auf dem Wasser befand. Symons ist als der erste zu betrachten, welcher das märchenhafte Phänomen der Lufstspiegelung photographiert hat[5]). Eine andere Photographie einer Luftspiegelung am Meere ist im Bullet. de l'Association de Photogr. 1887 abgebildet. — Oldal[6]) photographierte eine Luftspiegelung (Fata morgana) in Südungarn und H. Streintz[7]) eine solche bei Leiden in Holland; letzterer diskutierte diese Phänomene, und K. Heller gelang die Photographie des sog. Brockengespenstes[8]).

---

1) Krone, Helios 1870, Bd. 1, S. 137.
2) Phot. Arch. 1871, Bd. 11, S. 244.
3) Phot. Mitt. 1880, Bd. 17, S. 55.
4) Ibid. Bd. 17, S. 187.
5) Phot. Mitt. Bd. 16, S. 151.
6) Phot. Korr. 1892, S. 15.
7) Phot. Korr. 1892, S. 225.
8) Phot. Korr. 1905, S. 115.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

X. Lichtrichtungsanzeiger (Aktisonometer).

Dieses von A. Steinhauser in Wien[1]) erfundene Instrumentchen hat zunächst den Zweck, jederzeit ermitteln zu können, von welcher Seite her ein bestimmtes Objekt (ein Gebäude, eine Landschaft) zu beliebiger Tagesstunde und Jahreszeit durch die Sonne beleuchtet wird, um die zur photographischen Aufnahme bezüglich der Beleuchtungsrichtung überhaupt geeigneten Tagesstunden sowie die günstigste derselben in Erfahrung zu bringen.

Es besteht, wie Fig. 182 zeigt, aus einer Blechdose mit abnehmbarem Deckel, welche in der Mitte einen zur Orientierung dienenden Kompaß, weiter fünf übereinanderliegende Kartonscheibchen 1, 2, 3, 4, 5 enthält. Fig. 183 stellt die Dose samt Kompaß von oben gesehen dar,

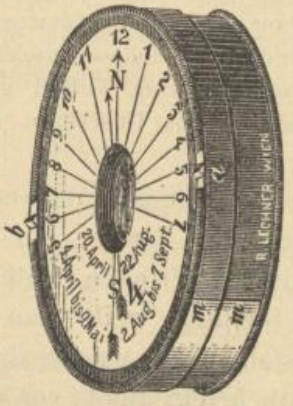


Fig. 182.

Fig. 183.

Lichtrichtungsanzeiger (Aktisonometer) von Steinhauser.

wenn Scheibchen 5 zu oberst liegt. Auf dem Scheibchen sind radiale, an ihren Endpunkten mit 12, 1, 2, 3 usw., nach der anderen Seite hin mit 11, 10, 9 usw. bezifferte Linien verzeichnet, welche, sofern das Scheibchen orientiert ist, den Schatten darstellen, den ein im Scheibchenmittelpunkt zu denkender Vertikalstab auf die horizontale Scheibchenfläche, bezüglich zu den Stunden 12, 1, 2, 3 usw. sowie 11, 10, 9 usw. Uhr werfen würde. Die Scheibe ist richtig gestellt (orientiert), wenn der kleine links und nächst der 12 Uhr-Schattenlinie befindliche Pfeil (Deklinationsstrich) die Verlängerung der Magnetnadelachse bildet und die Pfeilspitze nach Norden weist.

Da sich die Richtung der Schattenlinien für die einzelnen Tagesstunden im Laufe des Jahres (wegen steter Änderung der Sonnendeklination) von Tag zu Tag ändert, so sind fünf solche Schatten-

1) Eders Jahrb. f. Phot. 1895, S. 398. — Ausführlicheres s. Lechners Mitteilungen 1894.

scheibchen vorhanden, von welchen jedes, strenge genommen, nur ein oder zwei (am Scheibchen angegebene) Tage im Jahre vollkommen richtig ist, aber doch ohne Bedenken eine mehr oder weniger lange Reihe von Tagen benutzt werden kann.

Aus den gleichfalls auf den einzelnen Scheibchen angegebenen Zeiträumen, innerhalb welcher sie zu gebrauchen sind, ergibt sich, daß im Laufe des Jahres aufeinanderfolgend zur Verwendung kommen: Scheibchen Nr. 1, dann 2, 3, 4, 5, hierauf wieder 4, 3, 2 und 1. Das jeweilig im Gebrauch stehende liegt zu oberst, der Wechsel erfolgt nach Abnahme des Dosendeckels.

Aus den Schattenlinien ist es nun selbstverständlich leicht, den Schluß zu ziehen, einerseits bezüglich der Richtung, in welcher die umliegenden Objekte zu den verschiedenen Tagesstunden und Jahreszeiten vom Licht getroffen werden, andererseits bezüglich der Himmelsrichtung, in welcher der Beobachter jeweilig die Sonne bei bedecktem Himmel oder bei Vorhandensein sie verdeckender Körper zu suchen hätte.

Befindet sich zu der mit Hilfe der Schattenscheibe in Erfahrung gebrachten günstigsten Aufnahmestunde zwischen dem Objekt O, Fig. 184, und der Sonne ein schattenwerfender Körper B (Berg), so wird O nur beleuchtet, wenn die Sonne bereits so hoch steht, daß sie über den schattenwerfenden Körper hinweg zu scheinen vermag.

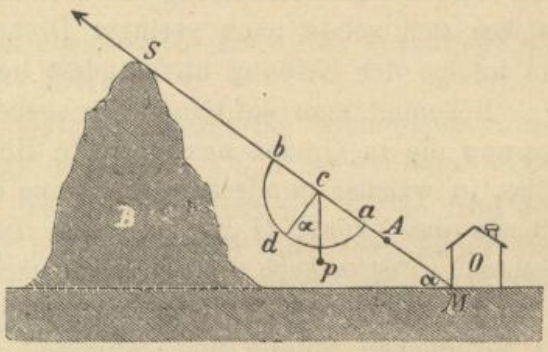


Fig. 184.

Nach Fig. 184 müßte die Sonne bereits mindestens α Grade über dem Horizont stehen, um O (in der Richtung SM) von oben bis unten beleuchten zu können. Zum Zweck der Messung des Winkels α enthält das Instrumentchen einen kleinen, auf bekanntem Prinzip beruhenden Höhenwinkelmesser, dessen Wesen sich aus Fig. 184 ergibt.

Bringt man den Durchmesser ab des Halbkreises abd (dessen Ebene vertikal steht) in die Richtung der Visierlinie MS, so schließt ein vom Mittelpunkt c herabhängendes Lot p mit dem auf ab senkrecht stehenden Halbmesser cd einen Winkel (α) ein, welcher dem Neigungswinkel (α) der Visierlinie gleicht. Man liest somit den Winkel α auf der Gradteilung des Quadranten da ab, welche in d mit 0 beginnt und in a mit 90 endet.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Die den Punkten a und b entsprechenden Absehen, über welche man (mit dem Auge in A) hinweg visiert, befinden sich auf dem Rand des Instrumentdeckels (siehe Fig. 182 und 183), der geteilte Viertelkreis hingegen sowie das Lot am teilweise durchsichtigen Boden des Gehäuses. Man achte beim Höhenmessen darauf, daß der Deckel auf dem Gehäuse so aufsitzt, daß die eingeritzten Marken m, Fig. 182, einander gegenüberstehen.

Beim Visieren hat man, der Natur der Sache entsprechend, das Gesicht jener Himmelsrichtung zuzuwenden, in der zur geplanten Aufnahmestunde die Sonne zu suchen wäre.

Das Instrumentchen wird mit der Linken in Augenhöhe leicht, und zwar zunächst so gehalten, daß sich das vertikal herabhängende Pendel annähernd auf 0 stellt. Mit der Rechten wird die Drehung vollführt, bis die Visur von a über b den Zielpunkt S trifft.

Nun dreht man behutsam das Instrument so um eine (gedachte) horizontale Achse, daß die zuvor nach rechts gewendeten Schattenscheibchen horizontal nach abwärts gekehrt erscheinen, um auf der nun oben befindlichen Kreisteilung die Stellung des Lotes ablesen zu können, welches sich schon nach geringer Drehung an die Winkelteilung legt und infolge der Reibung unverändert liegen bleibt.

Bekommt man auf Grund der soeben beschriebenen Höhenwinkelmessung die in Graden ausgedrückte Höhe α des Punktes S, also die Höhe, in welcher mindestens die Sonne über dem Horizont stehen muß, soll sie das Objekt O zur gewissen Tagesstunde und Jahreszeit beleuchten, so ist es noch nötig, aus der nachfolgenden Tabelle der Sonnenhöhen zu entnehmen, wie hoch tatsächlich die Sonne über dem Horizont zur bezüglichen Stunde und Jahreszeit steht. Beträgt ihre Höhe mit Bezug auf die Fig. 184 weniger als α Grad, so liegt O zur geplanten Aufnahmezeit im Schatten und muß dann eine andere Tagesstunde gewählt werden, sofern direkte Sonnenbeleuchtung gewünscht wird.

Eventuell kann man auch leicht ermitteln, zu welcher Jahreszeit die Sonne die erforderliche Höhe erreicht und die gewünschte Beleuchtungsform bewirkt.

Die Sonnenhöhentafel enthält die Sonnenhöhen in Graden:

1. Für die verschiedenen Stunden des Tages. Hierzu ist zu bemerken, daß die Sonne immer zu gleich vom Mittag abstehenden Stunden, also um 11 und 1 Uhr, dann um 10 und 2 Uhr usw. dieselbe Höhe besitzt.

2. Für die nördlichen Breiten von 44, 48 und 52°. Nachdem sich die Sonnenhöhen mit der Breite nicht unwesentlich ändern, so war dies notwendig, um die Tafel auch für Orte brauchbar zu machen,

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

deren Breite etwa zwischen 38 und 58° liegt. Aus den Differenzen der Werte für 44 und 48°, sowie jener für 48 und 52° kann jeder nur einigermaßen mathematisch Gebildete leicht die entsprechenden Werte der Sonnenhöhen für andere Breiten (mit genügendem Genauigkeitsgrade) ableiten.

3. Nur für gewisse Tage des Jahres.

Es kommt nur der absolut höchste und niederste Sonnenstand einmal im Jahre (am 21. Juni, resp. 21. Dezember), jeder andere hingegen an zwei Tagen des Jahres vor.

So steht die Sonne beispielsweise zu den verschiedenen Tagesstunden am 31. Januar ebenso hoch wie zu den gleichen Stunden des 11. November, am 18. Februar so hoch wie am 23. Oktober usw.

Auf Grund vorstehender Bemerkungen, sowie der nachfolgenden Beispiele wird das Verständnis der Sonnentafel keiner Schwierigkeit mehr unterliegen.

Am 21. Dezember beträgt beispielsweise laut Tafel um 12 Uhr mittags die Sonnenhöhe unter 52, 48, 44° Breite, beziehungsweise 14,6°, 18,6°, 22,6°.

Am selben Tage beträgt sie ebensowohl um 9 Uhr vormittags als um 3 Uhr nachmittags unter 48° Breite 8,1°.

Am 5. März, sowie am 7. Oktober beträgt die Sonnenhöhe unter 44° Breite um 11 Uhr vormittags, sowie um 1 Uhr nachmittags 38,4°.

Frägt man um die Höhe, welche die Sonne um 8 Uhr früh am 2. Juli unter 52° Breite erreicht hat, so bedenke man, daß dieser Tag zwischen dem 21. Juni und 2. August liegt, für welche Tage die Tafel 36,6, resp. 32,1° gibt. Es liegt demnach die gesuchte Sonnenhöhe zwischen diesen Werten, welche Erkenntnis für sich schon in den weitaus meisten Fällen genügt.

Bedenkt man aber, daß zwischen dem 21. Juni und 2. August laut Tafel 42 Tage liegen, zwischen dem 21. Juni und 2. Juli aber, wie man leicht ausrechnet, 11 Tage, so folgt, daß die fragliche Sonnenhöhe dem Werte 36,6° wesentlich näher als 32,1° liegt.

Man kann daher die in Frage stehende Sonnenhöhe etwa zu 35° schätzen.

Wollte man endlich diesen Wert so genau bestimmen, als dies mit der Tafel überhaupt möglich ist, so mache man folgende Schlüsse:

Während der 42 Tage, vom 21. Juni bis 2. August, ändert sich die Sonnenhöhe um $36{,}6 - 32{,}1 = 4{,}5°$, mithin durchschnittlich per Tag um $4{,}5 : 42 = 0{,}107$, folglich für die 11 Tage vom 21. Juni bis 2. Juli um $0{,}107 \times 11 = 1{,}177$, rund 1,2°.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Sonnen-Deklination	Tage		Breitengrad	Sonnenhöhe in Graden							Zeitgleichung	
				12^h	11^h	10^h	9^h	8^h	7^h	6^h	Tag	Korr. in Min
				12^h	1^h	2^h	3^h	4^h	5^h	6^h		
−(22°—27°)	21. Dezember	21. Dezember	52	14,6	13,5	10,2	5,1	− 1,8	− 9,6	− 18,3	4. Januar	+ 5
	41	40	48	18,6	17,4	13,7	8,1	+ 1,1	− 7,9	− 17,2		
			44	22,6	21,2	17,2	11,0	+ 3,3	− 6,1	− 16,0	16. Januar	+ 10
−(17°—35°)	31. Januar	11. November	52	20,4	19,2	15,8	10,3	3,4	− 4,9	− 13,8	10. Februar	+ 14
	18	19	48	24,4	23,1	19,2	13,1	5,6	− 3,4	− 13,0		
			44	28,4	26,9	22,6	16,0	7,7	− 1,8	− 12,1	11. März	+ 10
−(11°−43°)	18. Februar	23. Oktober	52	26,3	25,0	21,3	15,5	8,2	− 0,2	− 9,2	28. März	+ 5
	15	16	48	30,3	28,8	24,6	18,2	10,3	+ 1,5	− 8,7		
			44	34,3	32,7	28,0	21,0	12,3	+ 2,6	− 8,1	15. April	0
− (5°—52°)	5 März	7. Oktober	52	32,1	30,8	26,8	20,7	13,1	4,6	− 4,6	14. Mai	− 4
	17	15	48	36,1	34,5	30,1	23,3	15,0	5,7	− 4,3		
			44	40,1	38,4	33,3	25,8	16,7	6,7	− 4,1	14 Juni	0
(0°—0°)	22. März	22. September	52	38,0	36,5	32,2	25,8	18,0	9,3	0,6	25. Juli	+ 6
	13	15	48	42,0	40,3	35,4	28,3	19,6	10,0	0,6		
			44	46,0	44 0	38,5	30,6	21,1	10,8	0,6	31. August	0
+ (5°—52°)	4. April	7. September	52	43,9	42,2	37,7	30,9	22,8	13,9	4,8	14. September	− 5
	16	16	48	47,9	46,0	40,7	33,1	24,2	14,4	4,5		
			44	51,9	49,7	43,7	35,2	25,4	14,9	4,2	29. September	− 10
+(11°−43°)	20. April	22. August	52	49,7	47,9	43,0	35,9	27,5	18,4	9,3	2. November	− 16
	19	20	48	53,7	51,6	45,9	37,9	28,6	18,7	8,8		
			44	57,7	55,2	48,7	39,7	29,6	18,9	8,2	2. Dezember	− 10
+(17°−35°)	9 Mai	2. August	52	55.6	53,6	48,3	40,8	32,1	23,0	13,8	14. Dezember	− 5
	43	42	48	59,6	57,2	51,0	42 5	32,9	23,0	13,0		
			44	63,6	60,7	53,5	44,0	33,6	22,8	12,2	24. Dezember	0
+(23°−27°)	21. Juni	21. Juni	52	61,5	59,2	53,4	45,5	36,6	27,4	18,3	Bürgerliche Zeit = wahre Zeit mehr Korrektur.	
			48	65,5	62,7	55,8	46,9	37,0	27,0	17,2		
			44	69,5	66,0	58,1	48,1	37,4	26,6	16,1		

gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG
SLUB Wir führen Wissen.

Die zu suchende Sonnenhöhe beträgt somit: 36,6 — 1,2, das sind 35,4°.

Am 21. Juni beträgt die Sonnenhöhe um 5 Uhr nachmittags unter 48° Breite 27,0, unter 52° Breite 27,4°. Sie ändert sich daher für jeden Breitengrad um 0,1, wird daher beispielsweise unter 57° Breite $27{,}4 + (0{,}1 \times 5)$, das sind 27,9°, betragen.

Die Sonnenhöhe beträgt am 18. Februar und 23. Oktober um 6 Uhr früh unter 48° Breite —8,7°, d. h. die Sonne steht noch 8,7° unter dem Horizont.

Da die Dämmerung beginnt, wenn die Sonne nur mehr 18° unter dem Horizont steht und ihr Maximum erreicht bei der Sonnenhöhe 0, so wird um 6 Uhr früh des genannten Tages die Dämmerung schon ziemlich vorgeschritten sein.

Sämtliche Zeitangaben sind in wahrer Sonnenzeit ausgedrückt, die mittels der Zeitgleichung in bürgerliche Zeit umgewandelt werden kann.

XI. Photographie bei Mondlicht.

Die Besprechung der sogenannten Astrophotographie oder astronomischen Photographie ist nicht Gegenstand dieses Werkes, wohl aber ist die Herstellung von photographischen Aufnahmen von Landschaften oder dergl., welche nachts durch Mondlicht erhellt werden, von Interesse für den Photographen.

Die Beleuchtungsstärke des Vollmondlichtes beträgt bei Zenitstand ca. 0,2 Lux, der gestirnte Nachthimmel 0,0005 Lux[1]).

Diese Zahlen geben die optische Helligkeit an. Die photographische Helligkeit auf photographischen Platten liegt etwas anders.

Abney fand, daß die photographische Wirkung des Vollmondlichtes = 0,266 englische Normalkerzen in einem englischen Fuß Abstand ist. Das gesamte Sternenlicht übt auf Bromsilbergelatine nur $^1/_{44}$ der Wirkung des Vollmondlichtes aus (Jahrb. f. Phot. 1897, S. 351).

Das Mondlicht ist mehr gelblich als Sonnenlicht. Das Verhältnis der einzelnen Lichtintensitäten im Spektrum ist

für	rotes	gelbes	grünes	blaues Licht
bei	*C*	*D*	*E b*	*F* $^1/_2$ *G*
für Sonnenlicht	45	100	250	2971
für Mondlicht	87	100	155	363

wodurch sich die relativ geringe photographische Wirksamkeit des Mondlichtes auf gewöhnliche photographische Platten erklärt.

Eine sehr bemerkenswerte Studie über die Helligkeit des Sonnenlichtes und einiger künstlicher Lichtquellen veröffentlichte Karl Schaum in Eders Jahrb. f. Phot. 1905, S. 98.

---

1) Vgl. Schaum, Photochemie und Photographie 1908, S. 134 und 160.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Photographie von Mondlandschaften.

Die Möglichkeit Photographien von Landschaften, welche durch Mondlicht beleuchtet sind, aufzunehmen, wurde in den ersten Jahren der Photographie bezweifelt.

Breeze stellte zuerst in der Londoner Weltausstellung von 1862 Mondscheinbilder nach einer weißen Statue aus. Auf nassen Platten dauerte angeblich die Exposition 17 Minuten. Ogier in New-Jersey machte 1870 derartige Bilder und zwar war der Gegenstand eine Strandpartie mit Klippen, deren Umrisse neben dem Widerschein des Mondlichtes im Wasser ziemlich deutlich wiedergegeben waren[1]).

Über die photographische Aufnahme von Mondlandschaften in der Kamera mit nassen Platten machte auch Krone (1872) Versuche[2]).

Nach Krone wirkt das mittlere zerstreute Tageslicht in Dresden im Dezember oder Januar zur Mittagszeit ungefähr ebenso stark auf Jodbromtrockenplatten als ein Magnesiumlicht (in einer Hohlspiegellampe verbrannt; Quantität des Magnesiums?) in einer Distanz von zwei Meter. In einer Vollmond-Winternacht wirkt Mondlicht 6000mal schwächer als Magnesiumlicht. „Somit verhält sich die photographische Intensität des Mondlichtes unter den bezeichneten Verhältnissen zur mittleren Intensität des winterlichen zerstreuten Tageslichtes oder des erwähnten Magnesiumlichtes wie 1 : 6000. Für eine nasse Kollodiumplatte muß eine Vollmondlandschaft mindestens 10 Minuten belichtet werden, wenn bei zerstreutem Tageslicht 0,1 Sekunde genügt."

Die Schwierigkeiten bei der Aufnahme von Landschaften, welche durch Mondlicht erhellt sind, wurden wesentlich verringert durch die Einführung des Bromsilbergelatine-Verfahrens. Photographische Ansichten von Mondlandschaften sind gegenwärtig keine Seltenheit mehr und namentlich in England wurden mit Porträtobjektiven derartige Ansichten mehrfach aufgenommen. Sehr günstig ist es aber, nur in ganz hellen Mondnächten zu arbeiten und helle Gebäude mit weißen Wänden als Vordergrund zu wählen.

Um in hellen Herbstnächten eine Ansicht mit Gebäuden auf Bromsilbergelatineplatten von 23 Grad Warnerke aufnehmen zu können, muß man mit einem mäßig abgeblendeten Antiplanet oder Aplanat (Blende = $^1/_{10}$ des Fokus) $1^1/_2$ bis $2^1/_2$ Stunden belichten (Eder 1889).

Cussons und Comp. erhielten in einer sehr hellen Vollmondlandschaft im Oktober mittels einer Porträtlinse das Bild eines Gebäudes in $^1/_2$ Stunde[3]). Andere mußten aber länger belichten. Holmers erhielt eine hellbeleuchtete Mondlandschaft

1) Vogel, Phot. Mitt. 1870.
2) Phot. Archiv 1872, S. 112.
3) Phot. News 1880, S. 570 und 610; 1881, S. 12.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

erst nach 1 Stunde und 20 Minuten Exposition[1]). Henderson exponierte mit einem Steinheilschen Aplanat (2. Blende) auf mit gekochter Emulsion präparierten Platten 7 Stunden[2]), Burton brauchte mit einer Porträtlinse sogar 8 Stunden[3]) und schätzt, daß eine Mondlandschaft 300000 bis 3000000 länger als eine Sonnenlandschaft belichtet werden muß[4]). Dunmore erhielt ein Mondlichtbild auf Bromsilbergelatine durch eine Exposition von 7 Uhr abends bis Mitternacht. Es war dies eine Stadtansicht mit tief verschneiten Häusern und Gärten[5]).

Nach Janssen soll eine vom Vollmond belichtete Landschaft eine 240000mal geringere Helligkeit besitzen, als wenn sie vom Sonnenlichte beschienen wäre (Annuaire du bureau des longitudes 1895). De Pulligny prüfte diese Angabe durch Photographie eines Hauses, welches er am 1. Juli mittags bei Sonnenschein und dann nachts zwischen 10 und 11 Uhr bei Mondlicht photographierte. In letzterem Falle war mit einem Objektiv mit der Öffnung 1:9 nach 10 Uhr nachts die approximativ richtige Belichtung etwas mehr als eine Stunde; somit war die Angabe Janssens ziemlich genau bestätigt (Eders Jahrb. f. Phot. 1904, S. 434).

Den Gehalt des Mondlichtes an chemisch wirksamen Strahlen untersuchte auch Scheller (Wiener Akademie-Anzeiger 1911). Er verglich die direkt (ohne Benutzung eines Objektives) durch das Licht des Mondes erzielte Schwärzung von photographischen Platten (mit Entwicklung) mit der Lichtwirkung einer Hefnerkerze. Während die optische Helligkeit des Mondlichtes bloß 0,25 Hefnerkerzen beträgt, wurde die photochemische mit 2,75 Normalkerzen ermittelt. Das letzte Mondviertel ist photographisch viel wirksamer, als das erste; während das erste Mondviertel nur zirka ein Zehntel der chemischen Wirksamkeit des Lichtes bei Vollmond besitzt, weist das letzte Mondviertel ein Sechstel dieser Wirkung auf, die Ursache in der Oberflächenbeschaffenheit des Mondes; die sogenannten „Meere" (die dunkleren Partien) der Mondfläche reflektieren mehr photographisch wirksame Strahlen als die hellen Stellen, die Gebirge.

Jahr[6]) in New York photographierte im März 1882 das aus weißem Marmor erbaute Mausoleum des ermordeten Präsidenten Garfield bei Mondlicht auf Gelatineplatten. Später wurden vielfach solche Aufnahmen gemacht, welche in Anbetracht der gesteigerten Empfindlichkeit moderner Trockenplatten wenig Schwierigkeiten machen, besonders wenn man lichthoffreie orthochromatische Platten benutzt[7]).

1) Phot. News 1881, S. 46.
2) Ibid. 1881, S. 21.
3) Ibid. 1881, S. 622.
4) Ibid. 1880, S. 598.
5) Phot. Mitt. 1881, Bd. 18, S. 78.
6) Phot. Mitt. Bd. 19, S. 55. — S. ferner Phot. Mitt. Bd. 21, S. 30.
7) Eders Jahrb. f. Phot. 1898, S. 338; 1902, S. 451; 1910, S. 485.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

FÜNFZEHNTES KAPITEL.

DIE PHOTOGRAPHIE BEI KÜNSTLICHEM LICHT.

I. Verschiedene Helligkeit künstlicher Lichtquellen in optischer und photographischer Beziehung.

Optische Helligkeit.

Die verschiedenen zu Beleuchtungszwecken dienenden Lichtquellen geben Licht von sehr verschiedenen Helligkeitsgraden und beleuchten demgemäß die von ihnen bestrahlten Objekte für das menschliche Auge mehr oder weniger hell. Wenn man von hellem oder grellem Lichte spricht, so ist solches gemeint, welches dem menschlichen Auge hell, d. i. „optisch hell", erscheint (s. S. 78). Da hierbei wesentlich die physiologische Beschaffenheit des Auges in Betracht kommt, so spricht man auch von einer „physiologischen Leuchtkraft" oder „optischen Helligkeit" der Lichtquellen, im Gegensatz zu der „chemischen oder photographischen".

Eine Übersicht über die optische Helligkeit verschiedener Lichtquellen möge folgende Tabelle geben, welche wohl nur ungefähr orientierende Näherungswerte gibt.

	Hefnerkerzen
Gebräuchliche elektrische Bogenlampe mit gewöhnlicher Kohle (je nach dem Energieverbrauch) von 6—10 Ampere . . .	400—1000 u. mehr
von 15—20 Ampere . . .	2000—5000
Elektrische Dauerbrandlampe	300—3000 u. mehr
„ Effektbogenlampe mit 6—10 Ampere	1300—2500
Quecksilberdampflampe (je nach der Größe)	ca. 300—800 u. mehr
Gewöhnliches elektrisches Glühlicht (Kohlefaden)	8, 16, 32 oder mehr
Metallfadenlampe (Wolframlampe)	gewöhnlich 25 50 (eventl. bis 1000)
Nernst-Projektionslampe bei 110 Volt	ca. 400—500
„ „ 220 Volt	bis 1000
Kalklicht aus Sauerstoff und Leuchtgas bei gewöhnlichem Druck	23—90
Kalklicht unter mehreren Atmospären Druck	ca. 400—600
Gewöhnliches Magnesiumband, von welchem 7,4 mg pro Sekunde verbrennen	125

SLUB Wir führen Wissen.
gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

	Hefnerkerzen
Öllampe	10—11
„ mit Sauerstoff angefacht	60
Leuchtgasflamme im Fischschwanzbrenner	6—10
„ im Argandbrenner	16—20
Azetylenlicht, ungefähr	60—100
Auersches Gasglühlicht	60—85
„ „ mit Preßluft	100—400
Petroleumlampe, Flachbrenner	5—7
„ Rundbrenner (15 mm Durchmesser)	6,5
„ „ (25 mm Durchmesser)	14
Hefner-Altenecks Amylazetatlampe	1
Stearinkerze	0,7—0,9
Die senkrechte Beleuchtungsstärke der Sonne im Zenit ungefähr	100000—160000

Verschiedenheit zwischen optischer Helligkeit und photographischer Wirksamkeit. — Bestimmung des Beleuchtungswertes.

Bei Versuchen, Photographien bei künstlichem Lichte herzustellen, ergibt sich, daß manches unserem Auge sehr hell erscheinende Licht, namentlich gelb oder rot gefärbtes Licht, auf gewöhnliche photographische Platten sehr wenig oder gar nicht einwirkt, wenn eben die sensible Schicht keine bemerkenswerte Rot- oder Gelbempfindlichkeit besitzt. Dagegen sind manche blaßblaue Flammen von bedeutender photochemischer Wirkung, wenn sie eben Strahlen aussenden, für welche die gewöhnlichen photographischen Platten ihre Maximalempfindlichkeit haben (Blau, Violett, Ultraviolett). Man sagt, solche Lichtquellen haben eine große „chemische oder photographische Leuchtkraft" oder „Helligkeit".

Von Lichtquellen mit großer „chemischer" Helligkeit sagt man auch, sie senden stark aktinisches Licht aus (vgl. S. 77 und 81).

Die chemische oder photographische Wirksamkeit von Lichtquellen hängt einerseits von der spektralen Zusammensetzung oder Färbung der emittierten Strahlen, andererseits von der Farbenempfindlichkeit der lichtempfindlichen Schichten ab. So wird z. B. Bromsilber (in Form von Gelatineemulsion) durch das Licht einer Stearinkerze unverhältnismäßig stärker affiziert als Jodsilber (in Form von nassen Kollodiumplatten).

Chlorsilberschichten, welche hauptsächlich für das Violett und Ultraviolett empfindlich sind, werden von gewöhnlichem Kerzenlicht, ja sogar von ziemlich hellem gelblichen Lampenlicht (z. B. Gas-, Petroleum- oder Glühlampen mit Kohlefaden) wenig photographisch verändert, weil diese Lichtquellen sehr arm an Violett und Ultraviolett sind.

Ähnlich verhält sich Chlorbromsilberpapier mit Entwickler, welches als „Gaslichtpapier" eine große Rolle im photographischen Kopierprozeß

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

spielt; es hat seinen Namen daher, weil man es bei großem Lichtabstand in die Kopierrahmen bei Gaslicht ohne Schaden einlegen und in geringer Distanz beim selben Licht belichten kann. Bei dem geringen Gehalte des Lichtes an Violett und Ultraviolett kommt man eben bei größerer Entfernung der Lichtquelle bald unter den „Schwellenwert" der Empfindlichkeit (vgl. S. 208).

Dagegen wirkt gelbliches Kerzen- oder Lampenlicht schon sehr kräftig auf Bromsilbergelatine, weil es ziemlich reich an blauen Strahlen ist und Bromsilber für diese seine Maximalempfindlichkeit aufweist. Färbt man solche Bromsilbergelatine mit Eosin oder Erythrosin, so steigt seine Gelbgrünempfindlichkeit gewaltig (s. Wirkung von Farbensensibilisatoren S. 261); da aber das Kerzenlicht besonders reich an gelben und gelbgrünen Strahlen ist, so wirkt solches Licht auf Eosin- oder Erythrosinplatten (orthochromatische Platten) viel kräftiger ein als auf gewöhnliche Bromsilberplatten.

Gewöhnliches Bromsilber ist für gelbes Natriumlicht sehr wenig empfindlich; eosinhaltiges Bromsilber (orthochromatische Platten) ist mindestens 100mal empfindlicher. Das blaue Phosphoreszenzlicht der Balmainschen Leuchtfarbe wirkt relativ viel stärker auf gewöhnlichen Bromsilbergelatine- als auf orthochromatischen Platten, während beim Bogenlicht das Verhältnis sich umkehrt (Eder 1885[1]).

Bromsilbergelatine zeigt nach der Sensibilisierung mit Eosin gegenüber gelblichem Gaslicht (Argandbrenner) eine Empfindlichkeitssteigerung um das 2 bis 3fache, gegenüber Tageslicht aber keine wesentliche Erhöhung der Gesamtempfindlichkeit; ähnliches gilt für Chlorsilbergelatine (zuerst nachgewiesen von Eder 1885[2]).

Man benutzt in der praktischen Photographie zur Aufnahme von Interieurs, welche mit gelblichem Lampenlicht beleuchtet sind, erfolgreich sog. orthochromatische Platten, welche unter diesen Verhältnissen z. B. 4mal empfindlicher erscheinen als gewöhnliche Bromsilberplatten, während sie gegenüber Tageslicht oder Magnesiumlicht usw. ungefähr gleichempfindlich erscheinen.

Die Qualität und Farbenempfindlichkeit der sensiblen Schicht ist also von großer Bedeutung für die Beurteilung der chemischen Wirksamkeit von Lichtquellen im Vergleich mit ihrer optischen Helligkeit.

Das Verhältnis der chemischen Lichtintensität zur optischen nennt man relative Aktinität, wie bereits auf S. 81 ausführlich erwähnt wurde.

Die relative Aktinität zweier Lichtquellen ist nur für ein und dieselbe Art sensibler Schichten konstant; sie ändert sich mit der

---

1) Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wissensch., Wien, April 1885.

2) Eder, Photometrische Versuche über die sensibilisierende Wirkung von Farbstoffen auf Chlorsilber und Bromsilber bei verschiedenen Lichtquellen (Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wissensch., Wien, Dez. 1885).

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Farbenempfindlichkeit der photographischen Schichten und ist für Bromsilber-, Chlorsilber-, orthochromatische Platten usw. verschieden.

Darauf, daß die chemische Wirksamkeit eines Lichtes auf Daguerreotypplatten und dessen optische Helligkeit durchaus nicht proportional sind, machten schon Fizeau und Foucault 1844[1]) gelegentlich ihrer vergleichenden Untersuchungen über elektrisches Licht, Kalk- und Sonnenlicht aufmerksam.

Babo sprach in der Mitte der fünfziger Jahre aus, daß „die Menge der chemisch wirksamen Strahlen des blaßblauen Schwefelkohlenstoff-Stickoxydlichtes in keinem Verhältnis zu ihrer (physiologischen) Lichtstärke steht" und daß diese dem Auge ganz schwach erscheinende Flamme eine außerordentlich größere photographische Wirksamkeit zeigt, als die helle Leuchtgasflamme[2]).

Sehr deutlich wird der Unterschied zwischen optischer Helligkeit und chemischer Wirksamkeit zweier Flammen durch die Versuche Bunsens und Roscoës (1859) nachgewiesen. Sie fanden, daß eine gewöhnliche Leuchtgasflamme (Steinkohlengas) fast 200mal heller dem Auge erscheint als die blaßblaue Kohlenoxydflamme, dagegen wirkt die erstere auf Chlorknallgas doch nur 1,972mal kräftiger. Eine 200mal größere Helligkeit bringt also in diesem Falle eine kaum 2mal stärkere chemische Wirkung mit sich.

Bei der Kohlenoxydflamme stellten Bunsen und Roscoë fest, daß bei ein und derselben Lichtquelle die chemischen Leuchtkräfte den physiologischen proportional sind; z. B. nimmt bei Verminderung der Gaszufuhr die physiologische und chemische Helligkeit im selben Verhältnisse ab.

Diese Regel scheint auch für andere derartige künstliche Lichtquellen (Amylazetatlicht, Azetylen usw.) gültig zu sein.

---

1) Ann. de chim. et de phys. (3), Bd. 11, S. 370. (Nach Fizeau und Foucault verhielt sich die optische Leuchtkraft (Helligkeit) eines Oxyhydrogenkalklichtes zu einem elektrischen Lichte aus 46 Elementen wie 1 : 34,3 und auch der chemische Effekt auf eine Daguerreotypplatte stand in demselben Verhältnisse. Dagegen wirkte das direkte Sonnenlicht (mittags) photographisch 4mal stärker als das elektrische Licht von 46 kleinen Elementen, aber nur $2^1/_2$mal stärker als das elektrische Licht bei Anwendung großer Elemente.)

2) Polytechn. Zentralbl. Horn, Phot. Journ. 1855, S. 9.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

SECHZEHNTES KAPITEL.

ELEKTRISCHE LICHTQUELLEN.

Von den in der Praxis üblichen elektrischen Lichtquellen sind hauptsächlich zwei Arten zu unterscheiden, 1. Glühlicht, 2. Bogenlicht.

I. Glühlicht.

Bei diesem wird ein elektrischer Leiter durch den Stromdurchgang zur Glut gebracht und dessen Leuchtkraft als Lichtquelle verwendet. Um den Leiter vor Verbrennung zu schützen, schließt man ihn in eine luftleere Glashülle ein. Diese Kombination heißt Glühlampe. Unter Ökonomie der Lampe oder spezifischem Wattverbrauch versteht man den Wattverbrauch für je eine Hefnerkerze ihrer Leuchtkraft.

Die Kohlenfadenglühlampe (Grove 1840, Edison 1881), welche lange Zeit die einzig gebräuchliche Type war, besaß Glühfäden aus Kohle. Das Licht dieser Lampe ist bei normaler Spannung rötlichgelb und von geringer photochemischer Wirkung, die Temperatur des Fadens beträgt zwischen 1600°—1800°. Die Flächenhelle oder der Glanz (siehe S. 73), d. i. die pro 1 qmm des Fadens ausgestrahlte Lichtintensität, beträgt 0,25 Hefnerkerzen (HK), die Ökonomie beträgt zwischen 2,5 bis 4,3 Watt.

Die Ökonomie der Lampe ist um so günstiger, je höhere Spannungen man der Lampe zuführt, weil dadurch die Temperatur des Fadens steigt (s. Tabelle), das Licht wird weißer, aktinischer. Die Beleuchtung mit überspannten Glühlampen wird häufig in der Photographie angewendet (s. unten).

Je günstiger die Ökonomie, desto rascher sinkt die Lebensdauer und die nützliche Brenndauer der Kohlenfadenlampe, d. i. jene Zeit, bis zu welcher die Lampe um 20% in der Leuchtkraft abgenommen hat. Bei einer Lampe mit 4 Watt pro Kerze ist diese ca. 600 Stunden, bei 3 Watt 300 Stunden, bei 1,5 Watt 50 Stunden.

Bei einer Temperatur von zirka 2100° verbrennt der Kohlenfaden.

Da die Ökonomie der Lampe mit steigender Temperatur zunimmt, war das Bestreben darauf gerichtet, für den Faden ein Material zu verwenden, welches die höchsten Temperaturen ohne Zerstörung

SLUB Wir führen Wissen.
gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Tabelle der Lichtstärke von Glühlampen mit Kohlenfaden für 115 Volt 16 Normalkerzen.

Untersucht bei Spannungen von 91 bis 181 Volt. (Nach Sahulka.)

Spannung in Volt	Stromverbrauch in Amp.	Verbrauchte Leistung in Watt	Gem. Normalkerzen (HE)
91,0	0,352	32,1	4,0
100,0	0,393	39,3	7,9
110,3	0,436	48,1	14,5
120,0	0,476	57,1	23,8
130,0	0,520	67,6	33,8
140,0	0,562	78,7	54,9
150,0	0,604	90,6	—
159,4	0,648	103,3	116,0
170,0	0,690	117,3	155,2
181,0	0,724	131,0	201,1

aushält. Den ersten Erfolg erreichte Howell mit den metallischen Kohlefadenlampen. Der Faden wird einer Temperatur von 3000° bis 3600° ausgesetzt, wodurch der Faden metallisiert wird, d. h. der Kohlefaden bekommt einen positiven Temperaturkoeffizienten des elektrischen Leitwiderstandes; er vergrößert, wie die Metalle beim Erhitzen, seinen Widerstand, während der Widerstand der gewöhnlichen Kohle bei steigender Temperatur sinkt. Die Ökonomie dieser Lampen ist 2,2 Watt bei einer nützlichen Brenndauer von 500 Stunden.

Einen weiteren Fortschritt bedeuteten die Metallfadenlampen, deren erste die Osmiumlampe von Auer von Welsbach (1902) war.

Da aber Osmium nur in geringen Mengen und zu hohem Preise erhältlich war, suchte man nach anderen geeigneten Metallen.

Dieses Ziel wurde erreicht in den Tantal- und den verschiedenen Wolframlampen. Der Faden der Tantallampe besteht aus gezogenem Tantalmetall. Die Ökonomie der Lampe ist ca. 1,8 Watt, die Lebensdauer ist bei den Metallfadenlampen mit der nützlichen Brenndauer im allgemeinen identisch. Noch ökonomischer sind die Wolframlampen, welche den Großteil der modernen Metallfadenlampen ausmachen. Diese haben die Ökonomie von 1,1 Watt, der Glanz ist 0,3 HK pro 1 qmm. Die Lebensdauer ca. 1000 Stunden. Das Licht ist bedeutend weißer als bei der Kohlenfadenlampe und von größerer photochemischer Wirkung, vorteilhaft sind die Wolframintensivlampen bis 1000 HK und mehr, welche wegen ihres warmen Lichtes sich sehr wohl in vielen Fällen zum Ersatze von Bogenlampen eignen. Sämtliche Metallfadenlampen haben wegen des geringen spez. Widerstandes

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

des Fadenmaterials sehr lange und dünne Fäden, welche an Glasspindeln oder Häkchen, die im Innern der Lampe befestigt sind, aufgehängt werden. Die Wolframlampen gehen durch Stoß sehr leicht zugrunde und eignen sich im ganzen besser für Brennen in hängender Lage. Die „Nernstlampe“ von Professor Walter Nernst besitzt als Leuchtkörper einen oder mehrere Stäbchen oder Bügel aus einem Gemisch von seltenen Erden. Da diese nur in erhitztem Zustande leiten, ist die Anbringung eines Heizkörpers erforderlich. Die Ausschaltung desselben erfolgt bei Erglühen des Leuchtstäbchens automatisch mit Hilfe eines kleinen Elektromagneten. Um die Stäbchen vor Spannungsschwankungen, gegen welche sie sehr empfindlich sind, zu schützen, werden Eisendraht-

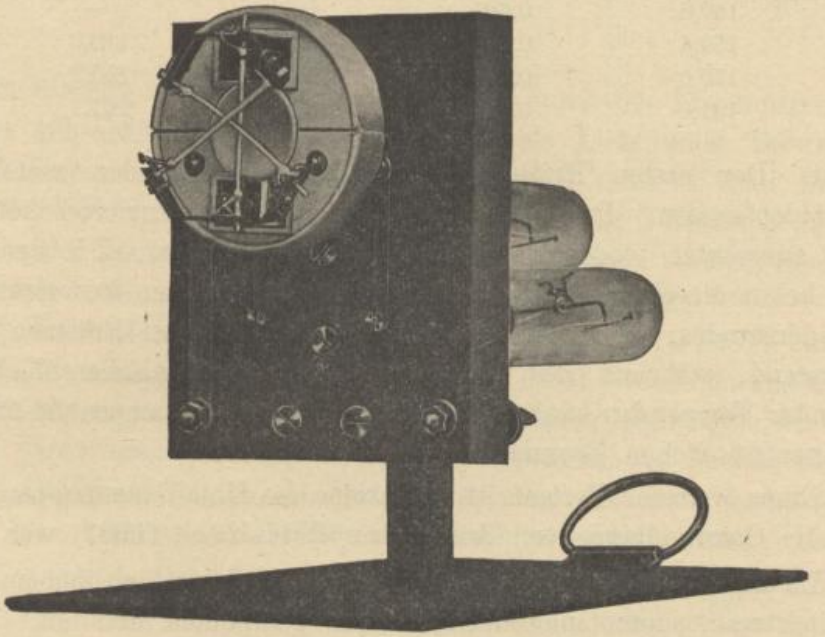


Fig. 185. Nernst-Projektionslampe.

widerstände in luftleeren Birnen vorgeschaltet. Die Ökonomie der Lampe beträgt 1,7 Watt, die Flächenhelle 1—1,6 Hefnerkerzen pro 1 qmm, die Fadentemperatur 2100°, die Lebensdauer eines Stäbchens 700 Stunden.

Die Nernstlampe eignet sich besonders für Projektionszwecke und für Zwecke der Spektralanalyse[1]), und ist eine gebräuchliche Form aus Fig. 185 ersichtlich[2]); häufig werden auch die Stäbchen parallel angeordnet. Dieselbe ist schon mit Vorschaltwiderständen versehen. Die Lichtstärke geht bis 1000 Kerzen. Der Vorteil der Lampe liegt in der

1) Vgl. Phot. Rundschau 1904, S. 99; Gaumont, Eders Jahrb. f. Phot. 1903, S. 392; 1905, S. 319.

2) Eders Jahrb. f. Phot. 1906, S. 364.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

vollständigen Ruhe und Gleichmäßigkeit des Lichtes[1]), welches immer im Fokus bleibt; das Spektrum des Nernstlichtes ist kontinuierlich und bei heller Weißglut kräftig bis ca. λ 4000 im Ultraviolett.

II. Bogenlicht.

Die Erfindung des Bogenlichtes stammt von Humphrey Davy 1808. Derselbe beobachtete, als er die Pole seiner Batterie mit zwei Holzkohlestücken verband und langsam voneinander entfernte, daß zwischen ihnen eine glänzende Lichterscheinung entstand. Er nannte dieselbe Lichtbogen, weil seine Kohlen horizontal angeordnet waren und die erwärmte Luft die Flamme bogenförmig aufwärts trieb. Die Bezeichnung ist geblieben, trotzdem z. B. bei senkrecht übereinander angeordneten Kohlen keine Spur eines Bogens vorhanden ist. Als Elektroden des Bogens verwendet man in der Praxis Kohlenstifte, welche aus einer hochkomprimierten (100—400000 Atmosphären) Masse von pulverisiertem Ruß- oder Petroleumkoks mit einem Bindemittel (gewöhnlich Teer) bestehen. Die Stifte werden nach dem Pressen noch im elektrischen Ofen bis 1700° gebrannt. Man unterscheidet Homogenkohlen, welche einheitlich aus gepreßter Masse bestehen, und Dochtkohlen, welche in der Mitte einen Längskanal besitzen, welcher mit einer Masse aus Graphit mit Wasserglas angefüllt ist. Der Zweck des Dochtes ist, den Lichtbogen zentral festzuhalten[2]). Die Theorie der Bogenlampe ist ziemlich kompliziert. Nach den heutigen Anschauungen der Elektronentheorie erklärt sich die Entstehung des Lichtbogens so, daß die Luft zwischen den Kohlen durch die Erhitzung und verdampften Elektrodenteilchen stark ionisiert ist und den Übergang des elektrischen Stromes vom positiven zum negativen Pol ermöglicht. Der Bogen verhält sich demnach wie ein elektrischer Leiter, wovon bei der Anordnung von Blasmagneten (s. u.) Gebrauch gemacht wird.

Der Lichtbogen erfordert zu seiner Entstehung eine Spannung von ca. 42 Volt. Da jedoch die vorhandene Spannung in den meisten Fällen viel höher ist (110 oder 220 Volt), so ist man gezwungen, einen Teil der Spannung nutzlos in Widerständen abzudrosseln oder mehrere Lampen in Serie zu schalten. Es muß daher bei Angaben über die Ökonomie von Bogenlampen immer beachtet werden, ob sich dieselbe unter Vorschaltung eines entsprechenden Widerstandes versteht.

---

1) Eders Jahrb. f. Phot. 1907, S. 336.

2) B. Monasch, Der elektrische Lichtbogen bei Gleich- und Wechselstrom. J. Springer, Berlin 1904; derselbe, Elektrische Beleuchtung, 2. Aufl., Hannover 1910. K. Schaum, Photochemie und Photographie. Barth, Leipzig 1908.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Je nach der Stromart der Lampe unterscheidet man Gleich- und Wechselstrombogenlampen; nach der Zusammensetzung der Kohlenstifte und nach der Art ihres Abschlusses unterscheidet man:

1. gewöhnliche oder Niederspannungsbogenlampen mit gewöhnlichen Kohlenstiften,

2. Doppelspannungs-(Bivolt-)Lampen mit sehr harten Kohlenstiften und großer ziemlich luftdichter Glocke,

3. Dauerbrandlampen mit kleiner luftdichter Glasglocke,

4. Lumineszenzlampen, das sind die Effekt- oder Flammbogenlampen mit besonders präparierten Kohlenstiften, und Magnetitlampen.

Bei den Gleichstromlampen erfolgt der Transport der Masseteilchen immer vom positiven zum negativen Pol. Der erstere wird daher

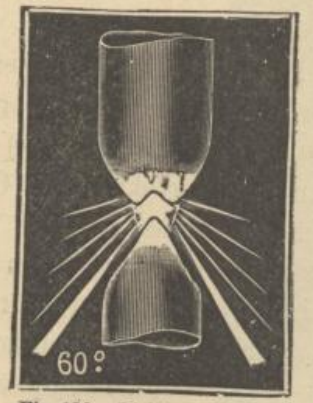


Fig. 186. Lichtausstrahlung der gewöhnlichen Bogenlampe.

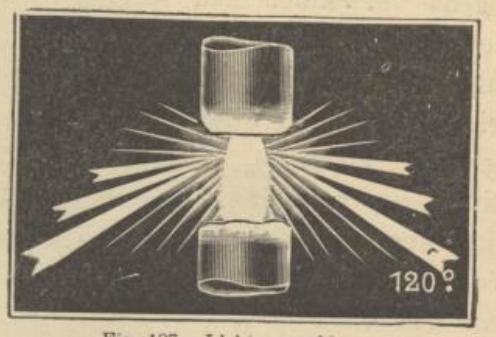


Fig. 187. Lichtausstrahlung der Dauerbrand-Regina-Bogenlampe.

stärker abbrennen und deshalb größer dimensioniert werden müssen. Die positive Kohle brennt kraterförmig aus, während die negative spitz bleibt. Die Temperatur der negativen Kohle beträgt ca. 2870°, des Kraters 3500°. Noch höher ist die Temperatur des Bogens. Dagegen sendet der Krater den größten Teil des optisch wirksamen Lichtes aus, ca. 85%, seine Flächenhelle beträgt 150 HK pro 1 qmm, die negative Kohle ist an der Lichtabgabe nur mit 10% beteiligt, der Bogen nur mit 5%, dagegen geht vom Bogen der größte Teil der photographisch sehr wirksamen ultravioletten Strahlung aus.

Aus diesen Umständen ergibt sich eine ungleichmäßige Lichtverteilung bei den Bogenlampen, indem die maximale Lichtintensität unter einem bestimmten Winkel ausgestrahlt wird, während die Lichtstärke in horizontaler und vertikaler Richtung nach auf- und besonders abwärts wegen des Schattens der Kohlenstifte selbst viel kleiner ist, wie dies aus Fig. 186 und 187 unmittelbar ersichtlich ist; die Zahlen 60° und 120° geben den Winkel an, welchen die Strahlen der Maximalhelligkeit unter sich einschließen.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Denkt man sich durch die Achse der Kohlen eine Ebene gelegt und vom Strahlenmittelpunkte aus in den verschiedenen Richtungen die in der Einheit gemessenen Lichtstärken aufgetragen (Fig. 188), so zeigt sich, daß diese für die einzelnen Austrittswinkel bei vertikal angeordneten Kohlen bei Gleichstromlampen für die einzelnen Austrittswinkel sehr verschieden sind. Die Lichtwirkung ist in der horizontalen Richtung und nach aufwärts sehr gering, während die Lichtstärke unter einem Winkel von etwa 40° nach abwärts ihr Maximum erreicht. Beim Wechselstrombogen verteilt sich die Lichtmenge ziemlich symmetrisch nach oben und unten, wie Fig. 189 zeigt[1]). Für die Reproduktionsphotographie ist das nach einer Richtung stärker konzentrierte Licht der Gleichstrombogenlampe in der Regel vorteilhafter.

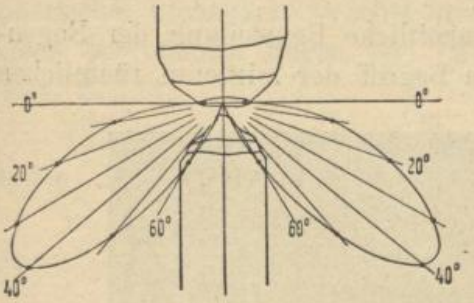


Fig. 188.
Lichtverteilung beim Gleichstrombogen.

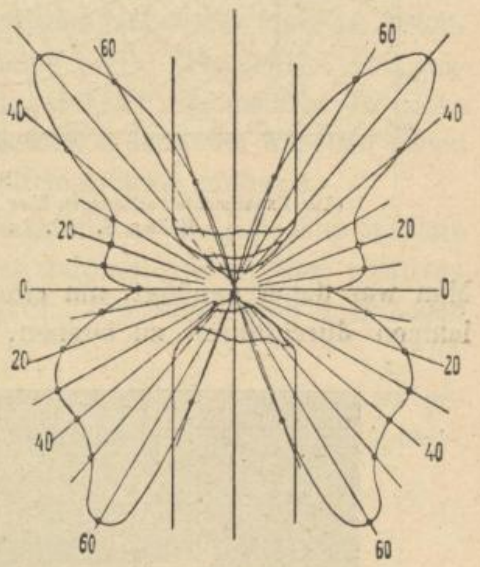


Fig. 189.
Lichtverteilung beim Wechselstrombogen.

Der Winkel, den die maximale Lichtintensität mit der horizontalen einschließt, beträgt[2]):

	Gleichstrom	Wechselstrom
Gewöhnliche Niederspannungslampe	40° mit Überfangglocke	35° mit Reflektor und Überfangglocke
Dauerbrandlampe	20° mit matter Innen- u. Außenglocke	46° mit matter Innen- u. Außenglocke
Effektlampe mit nebeneinanderstehenden Kohlen	63° mit Glocke	45° mit Glocke

Eine andere Art der graphischen Darstellung der Lichtverteilung der Gleichstrombogenlampe zeigt Fig. 190, welche auf dasselbe hinauskommt, wie die Darstellung in Fig. 188.

1) Luegers Lexikon der gesamten Technik, 1905, II, S. 169 und 170.
2) J. Zeidler, Die elektrischen Bogenlampen.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Die Photometrierung der Bogenlampe unter verschiedenen Winkeln ergibt deutlich die ungleichmäßige Lichtverteilung der Bogenlampe.

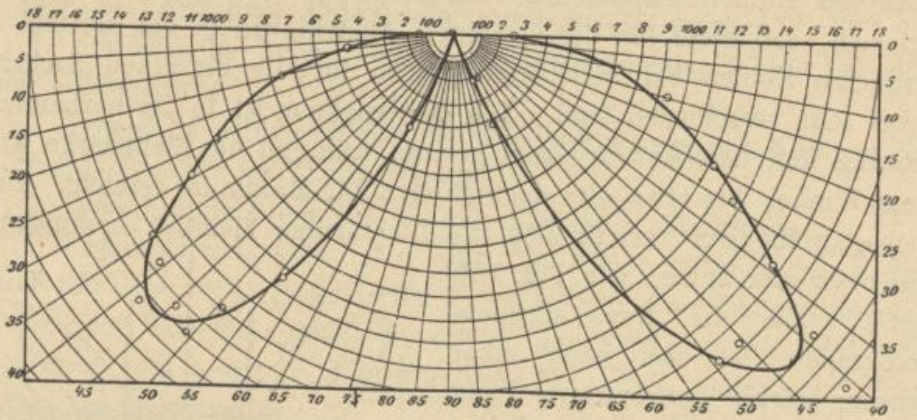


Fig. 190.
(Aus Experimentalvorlesungen über Elektrotechnik von D. K. E. F. Schmidt. Halle a. S. W. Knapp 1898. Fig. 178, S. 251.)

Man war daher genötigt, um eine einheitliche Beurteilung der Bogenlampen durchführen zu können, den Begriff der mittleren räumlichen

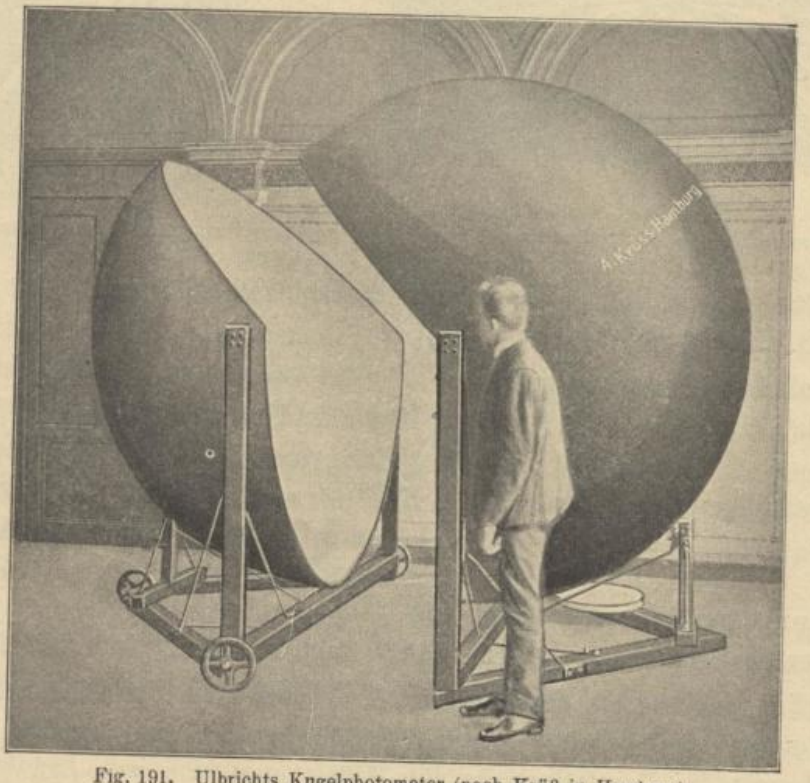


Fig. 191. Ulbrichts Kugelphotometer (nach Krüß in Hamburg).

(sphärischen) Lichtstärke einzuführen. Man versteht darunter die Lichtstärke, welche eine Lichtquelle haben müßte, welche nach allen

Richtungen gleichstarkes Licht ausstrahlt und im ganzen soviel wie die Bogenlampe, bei der die Lichtverteilung eine ungleichmäßige ist. Unter unterer oder oberer hemisphärischer Lichtstärke ist der Mittelwert der Lichtstärken in allen Richtungen unterhalb oder oberhalb der durch die Lampenmitte gehenden Horizontalebene zu verstehen. Die Bestimmung der sphärischen Lichtstärke kann aus der Kurve (Fig. 190) rechnerisch oder graphisch bestimmt werden, oder einfacher mit Hilfe von Lichtintegratoren wie das Kugelphotometer von Ulbricht[1]), welches aus einer innen diffus reflektierenden weißen Hohlkugel besteht, und mit einer einzigen Messung die sphärische Lichtstärke einer im Mittelpunkte der Kugel befestigten Bogenlampe ergibt (Fig. 191). Die ausgestrahlte Lichtmenge hängt von der zugeführten Stromstärke ab (siehe unten Tabelle der Ökonomie). Die nachstehenden zwei Tabellen geben an, wie die Lichtstärke bei steigender Stromstärke zunimmt.

Die pro Quadratmillimeter der Kraterfläche ausgestrahlte mittlere sphärische Lichtstärke wächst mit der Stromdichte in der positiven Kohle bei offenem Bogen (vgl. Monasch, Der elektrische Lichtbogen 1904, S. 174).

Um die Lichtverteilung der Bogenlampen gleichmäßiger zu gestalten, bedient man sich der Überfangglocken aus Matt-, Holophan-,

Tabelle über die Lichtstärke gewöhnlicher Geichstrombogenlampen mit Reinkohlen.

(Nach Paul Bögner).

Stromstärke (Ampere)	Mittlere hemisphärische Lichtstärke	
	des nackten Lichtbogens (Hefnerkerzen)	der Lampe mit Glocke (Hefnerkerzen)
3	137	91
4	230	152
5	320	210
6	435	290
7	560	370
8	685	455
9	820	540
10	960	635
12	1280	845
15	1790	1180
18	2340	1545
20	2660	1770

1) Elektrot. Zeitschr. 121, 595, 900; 26, 512, 1905; 27, 50, 1906; 28, 777, 1907.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Tabelle über die Lichtstärke von Flammenbogenlampen mit nebeneinanderstehenden Kohlen.

(Nach Paul Bögner.)

Stromstärke (Ampere)	Gleichstrom: Mittlere hemisphärische Lichtstärke		Wechselstrom: Mittlere hemisphärische Lichtstärke	
	des nackten Lichtbogens (Hefnerkerzen)	mit Glocke (Hefnerkerzen)	des nackten Lichtbogens (Hefnerkerzen)	mit Glocke (Hefnerkerzen)
6	1300	1000	—	—
8	1780	1370	1425	1100
10	2450	1880	1975	1529
12	3700	2845	2710	2090
15	—	—	4000	3080

Opal- oder Alabasterglas. Die Wirkung solcher Glocken ist aus Fig. 192 leicht ersichtlich. Der Lichtverlust durch diverse Mattglocken ist verschieden. Alabasterglocken absorbieren nur ca. 16%, Opalglas ca. 25% und Milchglas 30 bis 60%.

Die Helligkeit der Bogenlampe steigt mit der Stromstärke, jedoch in höherem Verhältnis als diese (Fig. 193), woselbst die volle Kurve die maximalen, die gestrichelte die sphärischen Lichtstärken angibt. Da die Kohlen ständig abbrennen, würde der Bogen nach einiger Zeit wegen der zu großen Elektrodendistanz verlöschen. Die Kohlen müssen daher in möglichst konstanter Entfernung gehalten werden. Außerdem ist es nötig, beim Einschalten die Kohlen einen Augenblick zur Berührung zu bringen und voneinander zu entfernen. Dies erfolgt in vielen Fällen, besonders wo es sich nicht um lange Brenndauern handelt, einfach durch Handregulierung. Die automatischen Regelwerke werden elektrisch ausgelöst, und unterscheidet man je nach der Schaltung derselben Hauptschluß-, Nebenschluß- und Differentiallampen. Ihr Prinzip besteht darin, daß ein Eisenkern durch den elektrischen Strom in ein Solenoid hineingezogen wird, wobei der Eisenkern selbst mit der Kohle in Verbindung steht, oder auch nur ein Uhrwerk auslöst, welches die Kohle bewegt. Eine gute Lampe soll dreimal in der Minute regulieren. Da in jeder Regulier-

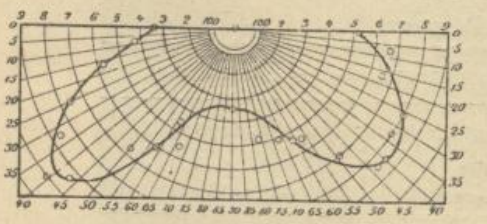


Fig. 192.
(Aus Experimentalvorlesungen über Elektrotechnik von D. K. E. F. Schmidt. Halle a. S. W. Knapp 1898. Fig. 179, S. 251.)

periode die Stromstärke und damit die Helligkeit sinkt, müssen Beruhigungswiderstände vorgeschaltet werden, damit die Helligkeitsunterschiede in engen Grenzen gehalten werden, sonst zuckt die Lampe.

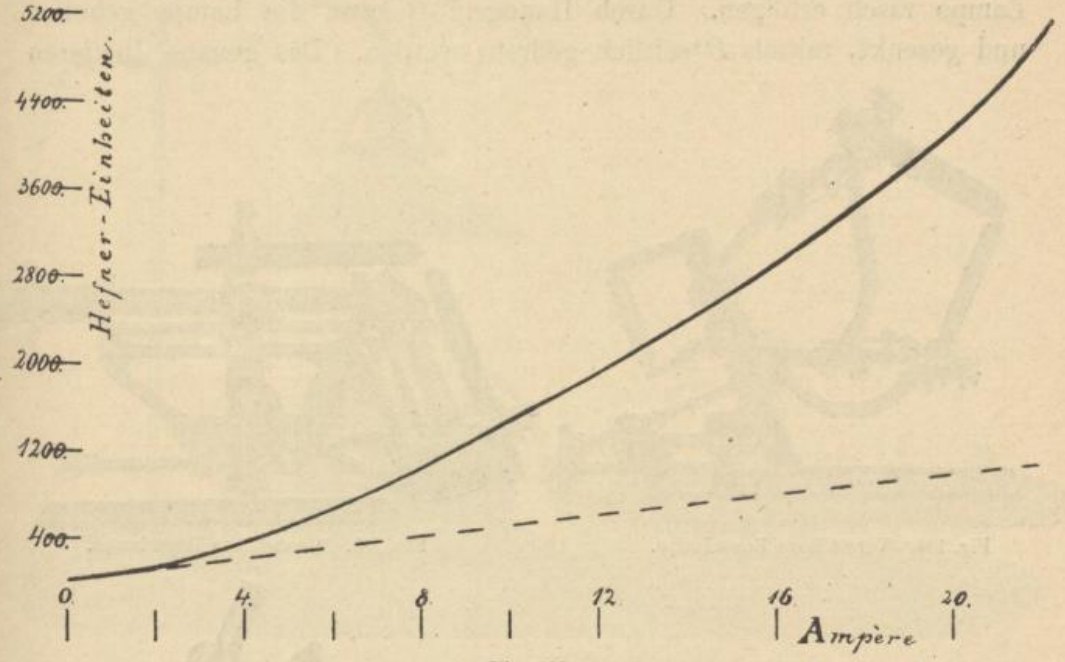


Fig. 193.
(Aus Experimentalvorlesungen über Elektrotechnik von D. K. E. F. Schmidt. Halle a. S. W. Knapp 1898. Fig. 177, S. 249.)

Charakteristik der verschiedenen Bogenlampen.

a) Gewöhnliche Niederspannungslampe mit unbeschränktem Luftzutritt.

Die positive Kohle brennt ca. doppelt so schnell ab als die negative. Für normale Beleuchtungszwecke ist die positive Kohle als obere angeordnet; gewöhnlich ist dieselbe als Dochtkohle ausgeführt, was den Zweck hat, den Lichtbogen im Mittelpunkte zu fixieren. In Projektionsapparaten und Scheinwerfern wird die Anordnung mit horizontaler positiver Kohle und nach vorne gerichtetem Krater bevorzugt (Fig. 194 bis 199).

Nachstehende Figuren stellen verschiedene Typen von Handreguliertlampen dar. Fig. 194 und 195 stellen Lampen der Stralsunder Bogenlampenfabrik dar. Beide gestatten nicht nur Regulierung des Bogens, sondern auch Verstellbarkeit desselben nach allen Richtungen.

Fig. 196 zeigt die Konstruktion einer Bogenlampe mit Einrichtung zum raschen Zentrieren bei BC und MH, wie sie E. Liesegang in Düsseldorf für seine Projektionslampen verwendet.

Eine ebenfalls für Projektionszwecke speziell geeignete Lampe der Firma Paul Kleye in Leipzig stellt Fig. 197 dar. Das feine Regu-

lieren der Lampe geschieht mittels des Handgriffes *A*. Durch Hochheben desselben wird ein mit *A* in Verbindung stehender Wurmtrieb ausgelöst und kann durch die Schraube *B* eine grobe Einstellung der Lampe rasch erfolgen. Durch Handgriff *C* kann die Lampe gehoben und gesenkt, mittels *D* seitlich gedreht werden. Das genaue Justieren

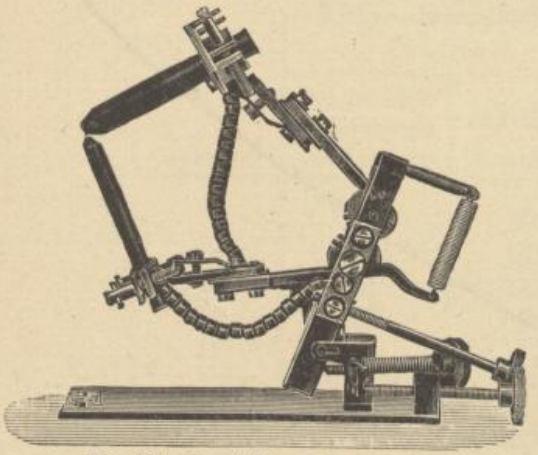


Fig. 194. Verstellbare Bogenlampe.

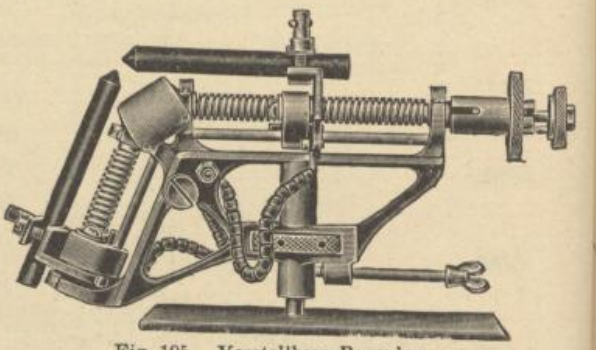


Fig. 195. Verstellbare Bogenlampe.

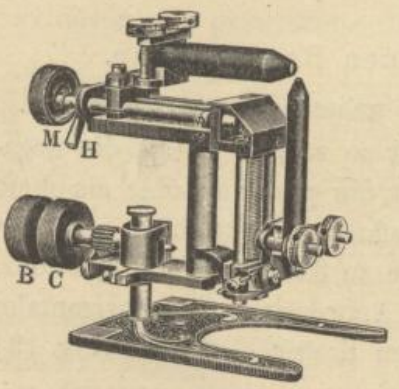


Fig. 196. Liesegangs Projektionslampe.

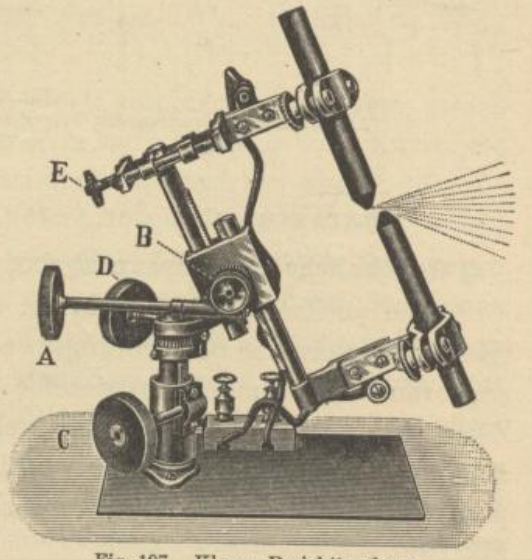


Fig. 197. Kleyes Projektionslampe.

beider Kohlen, was für Projektionszwecke sehr wesentlich ist, geschieht mittels Schraube *E*. Die Lampe ist gut isoliert und können alle Verstellungen während des Brennens derselben vorgenommen werden.

Wo eine eigene Leitung für den Bogenlampenanschluß nicht vorgesehen ist, eignen sich besonders die Schwachstrombogenlampen, welche wegen ihres geringen Stromkonsums, ca. 6 Amp., den direkten Anschluß an die Lichtleitung, Gleich- oder Wechselstrom, gestatten. Eine solche Lampe, wie sie von der Firma Lechner in Wien erzeugt wird, zeigt Fig. 198.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Eine vorzüglich automatisch regulierende Lampe, welche einen sehr ruhigen und gleichmäßigen Lichtpunkt und Beleuchtungskegel gibt,

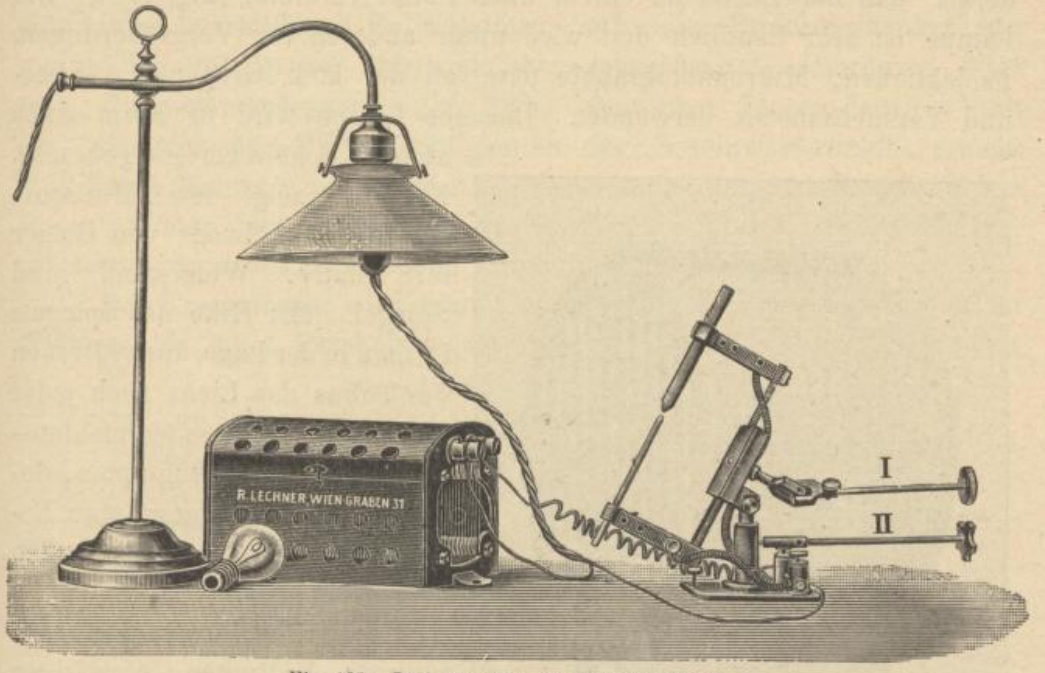


Fig. 198. Lechners Schwachstrombogenlampe.

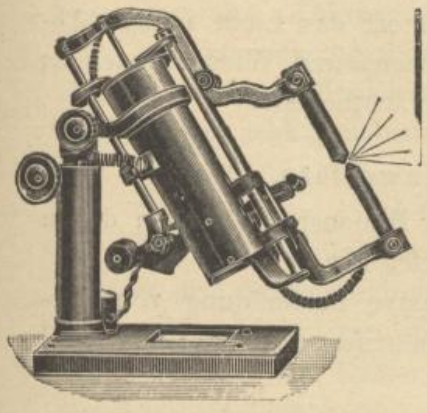


Fig. 199. Ewon-Lampe von Geiger.

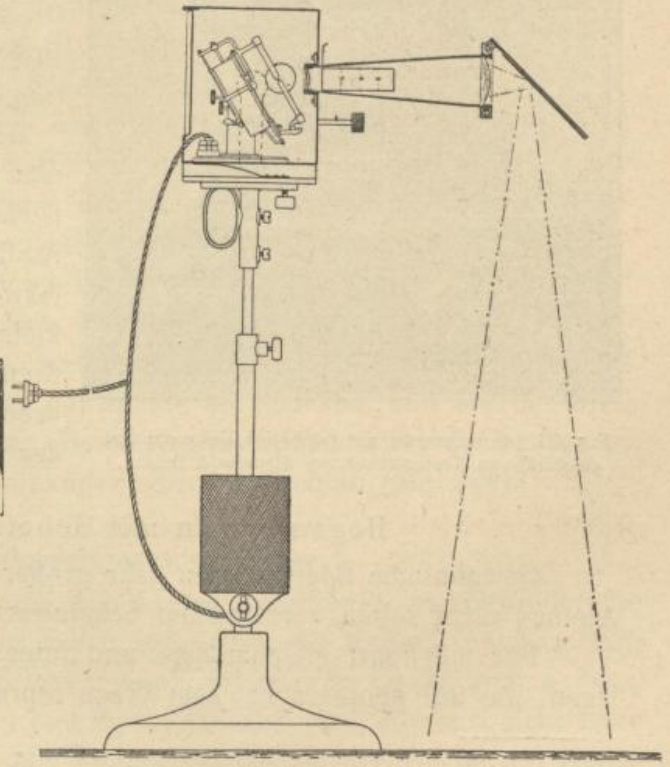


Fig. 200. Ewon-Scheinwerfer von Geiger.

ist die „Ewon-Lampe“ von Gustav Geiger in München[1]). Bei derselben bewegen sich beide Kohlen durch Winkelhebelverdrehung derart daß der Bogen an einem fixen Punkt verbleibt (Fig. 199). Die Lampe ist sehr handlich und wird unter anderen für Vergrößerungen, Projektionen, Mikrophotographie usw. an der k. k. Graphischen Lehr- und Versuchsanstalt verwendet. Dieselbe Lampe wird in Form eines kleinen Scheinwerfers gebracht. Fig. 200 zeigt den „Miniaturscheinwerfer Ewon“ von Geiger mit Stativ, Widerstand und Spiegel. Mit Hilfe des Spiegels ist man in der Lage, durch Drehen des Tubus das Licht nach jeder Richtung zu lenken (empfehlenswert für Mikrophotographie, dokumentarische Photographie, Reproduktionen nach mäßig großen Originalen usw.).

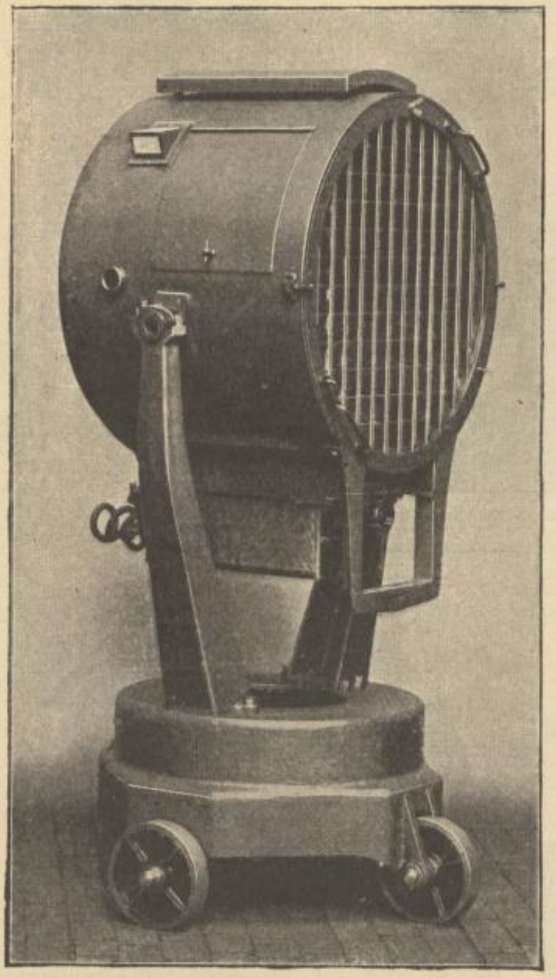


Fig. 201. Scheinwerfer mit fahrbarem Untersatz und geschliffenem Kreuzstreuer von Siemens & Halske.

Wegen der durch die Kraterbildung bedingten einseitigen Lichtausstrahlung eignen sich die Gleichstromlampen besonders für Projektions- und Bodenbeleuchtungszwecke.

Bei Wechselstromlampen brennen beide Kohlen gleichmäßig flach ab, sie sind ungünstiger für Bodenbeleuchtung und Projektion. Ist die Wechselzahl kleiner als 40 pro Sekunde, so flimmert das Licht infolge Abbrechens und Wiederentstehens des Lichtbogens.

Bogenlampen mit Scheinwerfern.

Gewöhnliche Bogenlampen sehr großer Dimensionen stellen die in Ateliers nicht selten verwendeten Scheinwerfer dar.

Für möglichst gleichmäßige und intensive Beleuchtung von Vorlagen, die auf photographischem Wege reproduziert werden sollen, sind

1) Eders Jahrb. f. Phot. 1909, S. 244.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Scheinwerfer mit Kreuzstreuer sehr geeignet. Die vom Glasparabolspiegel nahezu parallel reflektierten Lichtstrahlen der Bogenlampe werden zunächst durch einen vorgesetzten einfachen Streuer mit vertikal angeordneten geschliffenen Zylinderlinsen auf einem Streuungswinkel von gewöhnlich 20° in der Horizontalebene ausgebreitet. Hierdurch wird eine Übereinanderlagerung der Bilder sämtlicher Linsen bewirkt und ein Ausgleich der Unregelmäßigkeiten des Scheinwerferlichtes erzielt. Vor diesen Streuer wird ein zweiter mit horizontal angeordneten Zylinderlinsen gesetzt, welcher das Licht in gleicher Weise, wie vorher beschrieben, in der Vertikalebene streut (Fig. 201).

Der Kreuzstreuer wird häufig weggelassen und der Lichtbogen im Brennpunkte eines Parabolspiegels aus Glas, Neusilber oder Magnalium angeordnet. An Stelle des Spiegels kann auch eine diffus reflektierende Fläche vorgesehen sein. In vielen Fällen werden Parabolspiegel und Kreuzstreuer kombiniert.

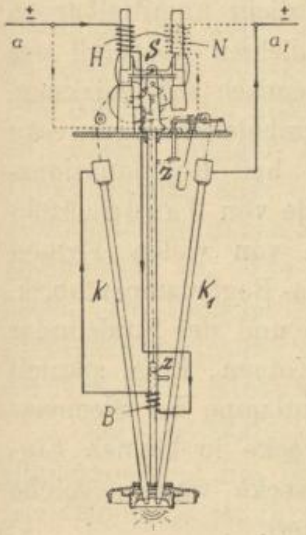


Fig. 202.
(Aus Elektrische Beleuchtungsanlagen von F. Grünwald. XI. Aufl. Halle a. S. W. Knapp 1907. Fig. 141, S. 190.)

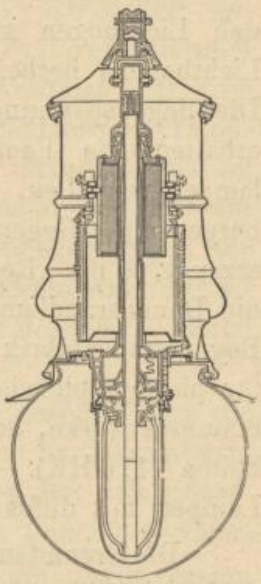


Fig. 203. Querschnitt der Reginalampe.

b) Sparbogenlampen.

Bringt man unmittelbar über dem oberen Kohlenstifte einen Hohlkörper, „Sparer", aus Schamotte an, so tritt durch Abhaltung von Zugluft eine Beruhigung des Lichtbogens, durch Erhöhung der Temperatur eine bessere Lichtökonomie und durch verringerte Luftzufuhr eine Verringerung des Abbrandes und Erhöhung der Brenndauer um ca. 30% ein, gleichzeitig dient der Sparer als Reflektor und erzeugt durch Glühendwerden selbst Licht. Besonders vorteilhaft wirkt der Sparer bei Lampen mit schräg nebeneinanderstehenden Kohlen (Fig. 202).

c) Doppelspannungslampen.

Wird der Luftzutritt zu den Kohlen beschränkt, so schwindet die Krater- und Spitzenbildung mehr und mehr, die Kohlen brennen flach ab und der Lichtbogen springt schnell von einem Punkt zum andern. Wegen Fehlens der Krater- und Spitzenbildung wird die nach einer Seite ausgestrahlte Lichtmenge sehr ungleichmäßig, da der Bogen am Rande

der Kohlen wandert, immer den Punkt des geringsten Widerstandes suchend. Bei den Doppelspannungslampen rotiert wegen Verwendung dünner Kohlenstifte der Lichtbogen rund um den Rand der Kohle. Wegen geringen Luftzutrittes sinkt der Abbrand bedeutend. Das Licht ist von bläulichvioletter Farbe und sehr reich an chemisch wirksamen Strahlen. Die für den Lichtbogen erforderliche Spannung beträgt ca. 80 Volt, so daß die Lampe in einem 110 Volt-Netze mit Vorteil in Einzelschaltung gebrannt werden kann. Hierher gehören die „Helia-Lampe" der Regina-Bogenlampen-Fabrik Köln-Sülz und die „Excello-Kugelflammenlampe" von Körting & Matthiesen-Leipzig.

d) Dauerbrandlampen.

Bei diesen ist durch eine kleine, nahezu luftdicht unmittelbar an den Lichtbogen gelegte Glasglocke ein fast luftdichter Abschluß des Lichtbogens herbeigeführt. Das Licht ist photochemisch sehr wirksam. Die Bogenspannung beträgt bis 90 Volt. Für Raumbeleuchtungszwecke erhalten die Lampen Überfangglocken, welche bei Reproduktionslampen wegfallen. Die erste derartige Lampe wurde von Jandus 1893 hergestellt. Gegenwärtig werden solche Lampen von vielen Firmen erzeugt, so die „Reginalampe" (Fig. 203) der Regina-Bogenlampenfabrik, die Dauerbrandlampe von Körting & Matthiesen und der Stralsunder Bogenlampenfabrik, der Elektrizitäts-A.-G. vorm. Kolben, Prag, speziell für photographische Aufnahmen[1]), ferner die Liliputlampe der Siemens-Schuckertwerke, hauptsächlich für Beleuchtungszwecke in kleinen Einheiten (110 HK). Für photo-chemigraphische Zwecke werden solche Lampen mit diffus reflektierenden Schirmen montiert.

Die Brenndauer der Dauerbrandlampe ist sehr hoch, bis 300 Stunden, doch empfiehlt es sich, nicht über 100 Stunden zu gehen, da die Bedienungskosten bei höherer Brenndauer infolge des häufig nötigen Putzens der Luftabschlußglocke nicht geringer werden.

e) Lumineszenzlampen.

Hierher gehören die Effekt- oder Flammbogenlampen, bei welchen der Docht der positiven Kohle mit Fluoriden von Calcium (gelbes Licht), Strontium (rotes Licht) oder Barium (weißes Licht) getränkt wird. Obwohl die günstige Wirkung dieses Verfahrens schon früher bekannt war, so brachte doch erst Bremer 1898 diese Lampen zu praktischer Bedeutung. Der günstige Effekt entsteht dadurch, daß die entstehenden Dämpfe

1) Eders Jahrb. f. Phot. 1909, S. 244.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

des betreffenden Metalls eine bedeutende Leuchtkraft haben, so daß der Bogen etwa 25 % der Gesamtlichtemission enthält und die Ökonomie bedeutend verbessert wird[1]). Da die Länge des Bogens hier größer ist, 15 bis 35 mm gegen 5 mm bei der gewöhnlichen Bogenlampe, kann durch Anordnung von Sparern und sogenannten Blasmagneten der Lichtbogen noch vergrößert und die Leuchtkraft erhöht werden. Die Wirkung des Blasmagneten besteht in der abstoßenden Wirkung, die ein Magnet gegen einen Stromkreis ausübt, da der Lichtbogen wie ein elektrischer, stromdurchflossener Leiter sich verhält. Der größte Lichtgewinn wird bei gelbem (Calcium-) Lichte erzielt und beträgt das 2- bis 3fache des gewöhnlichen Bogenlichtes, doch eignet sich Calciumlicht wegen des Mangels an roten Strahlen schlecht für das Erkennen von Farben. Für Reproduktionszwecke und Atelierbeleuchtung verwendet man gewöhnlich das weiße Bariumlicht. Vorteilhaft ist die Verwendung vergoldeter Spiegelreflektoren, welche die roten Strahlen gut reflektieren[2]). Ein Nachteil der Effektkohlen liegt darin, daß der Abbrand sehr groß ist, daher häufiger Kohlenwechsel nottut und schädliche Stickstoff-Dioxyddämpfe sich entwickeln. Auch ist das Licht unruhiger als bei gewöhnlichen Bogenlampen, da der lange Bogen gegen Zugluft sehr empfindlich ist. Die Ökonomie ist von allen Kohlenbogenlampen die beste. Die Ursache liegt darin, daß hier weniger Temperaturstrahlung als Lumineszenzwirkung vorliegt[3]); weniger Bedeutung für die Praxis besitzt die von C. P. Steinmetz erfundene Magnetitlampe[4]).

Bei der Wahl der Bogenlampe für bestimmte Zwecke sind die Ökonomie und die Bedienungs- und Kohlenkosten zu berücksichtigen. Die Ökonomie ist in optischer Hinsicht am günstigsten bei den Effektbogenlampen, dann folgen die Doppelspannungslampen und die gewöhnlichen Bogenlampen mit unbeschränktem Luftzutritt; am ungünstigsten sind die Dauerbrandlampen. In bezug auf Aktinität ändert sich das Verhältnis. Dieses Verhältnis der Ökonomie kann dadurch eine Modifikation erfahren, daß die Dauerbrandlampen in Einzelschaltung in einem 110 Volt-Netze brennen können, während bei gewöhnlichen Bogenlampen und Effektbogenlampen dies sehr unökonomisch wäre. Bezüglich der Kohlenkosten und der Bedienung sind die Effektbogenlampen am ungünstigsten, es folgen die gewöhnlichen offenen Bogenlampen, während Doppelspannungslampen und Dauerbrandlampen am günstigsten sind.

---

1) Eders Jahrb. f. Phot. 1903, S. 391; 1905, S. 319; 1910, S. 351.
2) Eders Jahrb. f. Phot. 1908, S. 375.
3) Eders Jahrb. f. Phot. 1908, S. 365.
4) Siehe Schaum l. c. S. 191.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

f) Das elektrische Quecksilberlicht.

Der erste Versuch Quecksilberbogenlampen herzustellen ging von Way (1860) aus; er ließ einen dünnen Faden metallischen Quecksilbers an der Luft mit Hilfe eines starken elektrischen Stromes von 60 Grove-Elementen brennen und erzielte ein sehr aktinisches Licht[1]). Die entweichenden Quecksilberdämpfe sind aber giftig und Way büßte seine Versuche mit dem Leben.

Die erste brauchbare Quecksilberlampe konstruierte Arons[2]) (1892), indem er den Lichtbogen in einer fast luftleer gemachten, eigentümlich geformten Glasröhre (Fig. 204) erzeugte, wobei man mit mäßigen Stromstärken ein intensives, außerordentlich aktinisches, bläulichweißes Licht erhält. Diese Quecksilberbogenlampe wurde 1901 von Cooper Hewitt vervollkommnet. Hewitt brachte den Widerstand der Gassäule des Quecksilberbogens mit den Dimensionen der Röhre in richtigen Zusammenhang und brachte die Elektroden an beiden Enden einer langen geschlossenen Glasröhre[3]) an, als positive Elektrode benutzte Hewitt eine Eisenelektrode. — Später wurden Wolframanoden benutzt[4]).

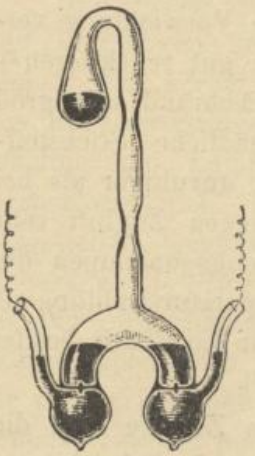


Fig. 204.
Arons Quecksilberlampe.

Die Original-Cooper-Hewitt-Lampen liefern in der Röhrenlänge von 1,20 m etwa 700 bis 800 Normalkerzen (optisch), bei 60 cm Länge die Hälfte. Sie sind achtmal sparsamer als Glühlicht und zwei bis dreimal sparsamer als Bogenlicht. Lebensdauer 2000 bis 5000 Brennstunden.

An der k. k. Graphischen Lehr- und Versuchsanstalt in Wien werden Hewittsche Quecksilberdampflampen mit bestem Erfolge für Re-

---

1) Quecksilberlicht schwärzt rasch Chlorsilber (Phot. News 1861, S. 279; Kreutzers Zeitschrift f. Phot. 1862, Bd. 5, S. 20). — Monckhoven fand das Licht sehr wirksam, aber warnt vor dessen Giftigkeit (Bull. Soc. franç. 1871, S. 210). — Bedford kopierte 1861 Negative auf Chlorsilberpapier mit einer Way-Lampe (Kreutzers Zeitschr. f. Phot. 1862, Bd. 5, S. 20; Phot. News 1861, S. 279).

2) Wiedem. Annal. Phys. 1892, Bd. 47, S. 767; 1896, Bd. 58, S. 73; Eders Jahrb. f. Phot. 1896, S. 26 und 423; 1900, S. 520.

3) Z. B. haben die Glasröhren eine Länge bis 3 m und einen Durchmesser bis 5 cm; kleinere Röhren sind etwa 20 cm lang und $2^1/_2$ cm weit.

4) Urbain, Scal und Feige benutzten Wolframanoden in den Quecksilberdampflampen und erzielten mit stark erhitzten Anoden ein sehr intensives, weißes Licht, namentlich reich an Ultraviolett (Compt. rend., Bd. 152, S. 255; Eders Jahrb. f. Phot. 1911, S. 354).

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

produktionszwecke (nasses Kollodiumverfahren, Autotypie mit Trockenplatten) verwendet (Eders Jahrb. f. Phot. 1907, S. 341).

Hewitt beobachtete, daß der elektrische Strom in einer Vakuumröhre von Eisenelektroden zum Quecksilber nur in der Richtung Eisenquecksilberdampf-Quecksilber durchgeht, in umgekehrter Richtung (das ist vom Quecksilber zum Eisen) aber selbst bei Spannungen von Tausenden von Volts nicht den Durchgang gestattet; dies gibt uns das elektrische Analogon zum einseitig wirkenden Rückschlagventil der Mechanik und setzt uns in die Lage, Ströme wechselnder Richtung, also Ein-, Zwei- und Dreiphasenwechselstrom in pulsierenden Gleichstrom zu verwandeln.

Die Hewittsche Quecksilberdampflampe erfordert einen Gleichstrom von 50 bis 500 Volt, braucht 0,4 Watt pro Kerzenstärke, ist also sehr wohlfeil im Betrieb. Das Spektrum, in dem das Rot fast gänzlich fehlt, ist sehr reich an chemisch wirkenden blauen und violetten Strahlen, daher vorzüglich für photographische Zwecke geeignet; wegen der geringen optischen Helligkeit kann man ohne Schmerz direkt in die Lampe blicken. Dabei liefert eine Lampe, die pro leuchtenden Quadratzentimeter gerechnet nur $^1/_{2000}$ der optischen Helligkeit einer Bogenlampe hat, bei 8 Ampère Stromverbrauch dieselbe photographische Wirkung wie eine Bogenlampe von 25 Ampère (Eders Jahrb. f. Phot. 1903, S. 392).

In Deutschland liefern Schott & Gen. in Jena Quecksilberdampflampen. Die aus gewöhnlichem Glas hergestellten Schottschen „Hageh"-Lampen[1]) (entsprechend dem chemischen Symbol für Quecksilber = Hg) lassen Ultraviolett bis λ 350 $\mu\mu$ durch. Wird „Uviolglas" (d. i. Bariumphosphatkronglas) benutzt, so senden derartige „Uviolglas-Quecksilberlampen Licht bis λ 253 $\mu\mu$ aus, während Quarzglas (s. u.) durchlässig bis ins äußere Ultraviolett ist.

Während das Licht der Quarzglas- und Uviollampen vermöge ihres Reichtums an ultraviolettem Licht sehr schädigend auf die Augen wirkt und heftige Entzündungen hervorruft, ist das Licht der Hewitt- oder Hageh-Lampe unschädlich, und deshalb ist von den genannten Lampen diese Konstruktion zur allgemeinen Beleuchtung bevorzugt worden; Quarzglaslampen sollen für Zwecke der Zimmerbeleuchtung schützende Glasschirme haben, da das von ihnen ausgestrahlte intensive ultraviolette Licht sehr starke physiologische Wirkungen zeigt.

Das bläuliche fahle Quecksilberlicht, welchem die roten Strahlen fehlen, ist für das Auge nicht unangenehm, jedoch eignet es sich nicht zur Beleuchtung farbiger Objekte, indem z. B. Zinnober schwarzbraun erscheint, Chromgelb stark grünstichig usw. Dies hängt mit der spek-

1) Sie ist etwa 45 bis 80 cm lang, Röhrendurchmesser ca. 22 mm, Quecksilberinhalt 300 g.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

tralen Zusammensetzung des ausgesendeten Lichtes zusammen. Die enorme Helligkeit der blauvioletten und ultravioletten Strahlen macht das Quecksilberlicht sehr aktinisch.

Quecksilber-Quarzglaslampe.

Heraeus in Hanau und sein Mitarbeiter Küch nutzten (1903) die enorme Durchlässigkeit des Quarzes für Ultraviolett und seine Widerstandsfähigkeit gegen große Hitze zur Konstruktion einer Quecksilber-Quarzglaslampe aus, wobei sie mittels eines neuen Verfahrens aus farblosem geschmolzenen Quarz die Lampen (ähnlich wie Glas) blasen ließen[1]). Hierbei entsteht in den relativ kleinen Röhren ziemlich hohe Temperatur und höherer Dampfdruck des Quecksilberdampfes, wobei das Licht mehr dem Weiß sich nähert und enorm aktinisch wird, da die ultravioletten Strahlen ungeschwächt austreten.

Die mittlere Temperatur in der Lampe steigt von relativ niedrigen Werten (etwa 600° C bei 30 Volt in 4 Ampère) bis zu sehr hohen Werten (über 1700° C bei 60 Volt und 4 Ampère). Bei höherer Belastung der Lampe mit starken elektrischen Strömen spielt die Temperaturstrahlung eine wesentliche Rolle (Küch und Retschinsky, Eders Jahrb. f. Phot. 1907, S. 341).

Wegen der entstehenden sehr hohen Temperatur ist gewöhnliches Glas für die Quecksilberlampe nicht geeignet. Für derartige Anwendung ist aber Quarzglas wohl brauchbar; es erweicht erst über 1400°, hat sehr geringen Ausdehnungskoeffizient, verträgt schroffsten Temperaturwechsel und ist für ultraviolette Strahlen viel durchlässiger als Glas (Haagn, Eders Jahrb. f. Phot. 1906, S. 357).

Bei der Quecksilberquarzlampe liegt nach Pflüger in Bonn die Hälfte der Gesamtstrahlung im Ultraviolett. Der gewöhnliche Quecksilberdampf ist ein schlechter Elektrizitätsleiter, während der ionisierte Quecksilberdampf vorzüglich leitet. Die Stromstärke beim Einschalten beträgt 3 Ampère und fällt im normalen Betriebszustand auf 1 Ampère[2]).

In der Regel belastet man die Lampe, ihrer dauernden Haltbarkeit wegen, nur bis 175 Volt und 4 Ampère und erzielt alsdann eine räumliche mittlere Lichtstärke von 3180 HK = 0,209 Watt pro Hefner-

1) Für die Quarz-Quecksilberlampen hat das künstliche Quarzglas große Bedeutung. Auf die Herstellung von Quarzglas erhielt Dr. H. Mehner in Steglitz ein D. R. P. Nr. 203712 vom 8. Februar 1905. Zur Erhitzung des Schmelzgutes wird die mittels Brennspiegels gesammelte Strahlung eines elektrischen Lichtbogens verwendet. Die Quarzglasschmelze wird zwecks Läuterns in einem abgeschlossenen Raum unter erhöhtem Gasdruck bis zur Dünnflüssigkeit erhitzt, wodurch dem Verdampfen der Schmelze entgegengearbeitet wird. Der benutzte Ofen besitzt eine spiegelnde Haube von der Form eines Rotationsellipsoides über dem Herde mit einem elektrischen Lichtbogen im oberen und dem Herde im unteren Brennpunkte (Chem.-techn. Repert. der Chem.-Ztg. 1909, S. 34; Eders Jahrb. f. Phot. 1909, S. 246).

2) Eders Jahrb. f. Phot. 1905, S. 318.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

kerze. Daß das Quecksilberlicht sehr reich an ultravioletten Strahlen ist, ist hinreichend bekannt; ebenso, daß das Quarzglas für letztere bis zu 185 $\mu\mu$ durchlässig ist. In der Regel werden die Lampen mit 220 Volt Spannung verwendet, jedoch werden auch Lampen für 110 Volt Spannung hergestellt.

Neuerdings erzeugt die Quarzlampen-Ges. Hanau kleinere Einheiten der Quarzlampe von 800 HK, und deren neue Metallfadenquarzlampe hat bei 100 bis 140 Volt nur 2,5, bei 200 bis 240 Volt nur 1,5 Ampère Stromverbrauch, also eine Ökonomie von 0,25 Watt pro Hefnerkerze. Sie stellt die billigste elektrische Beleuchtungsquelle der Gegenwart vor.

Paul von Schrott[1]) untersuchte die Heraeus-Küch-Lampe photometrisch und in bezug auf ihre Verwendung als Kopierlampe für Lichtpausen, Silber- und Platinpapier; auch für Kopierung von Autotypien auf Chromeiweiß oder Chromfischleim für Zwecke der Zinkotypie usw. Z. B. steht eine solche Lampe in der k. k. Hof- und Staatsdruckerei in Wien für solche Reproduktionsarbeiten in Verwendung.

Das ultraviolette Licht der Quecksilberquarzlampe führt Sauerstoff rasch in Ozon über, weshalb die Atmosphäre in der Nähe solcher Lampen alsbald Ozongeruch aufweist; dieses Licht reizt die Augen und die Haut des Menschen bei längerer Einwirkung stark; wirkt stark bakterientötend, Farbstoffe bleichend und ist ein gewaltiges Mittel zur Einleitung photochemischer Reaktionen im Ultraviolett, welches in keinem photochemischen Laboratorium fehlen soll.

III. Geißlersche Röhren. — Moorelicht.

Man kann Gase zum Leuchten bringen, wenn man einen hochgespannten elektrischen Strom durch sie schickt.

Schlägt der elektrische Funke eines Ruhmkorffschen Induktoriums durch verdünnte Gase, so leuchten diese je nach dem Grade ihrer Verdünnung und der Art der elektrischen Erregung mehr oder weniger hell auf und senden ein entsprechend der Natur des betreffenden Gases verschieden gefärbtes Licht aus, welches bald ein Linien-, bald ein Bänderspektrum zeigt und je nach den Versuchsbedingungen charakteristisch für die Gase ist.

Solche mit stark verdünnten Gasen gefüllte Röhren nennt man Plückersche oder Geißlersche Röhren[2]); sie enthalten meistens an

1) Zeitschr. f. wissensch. Phot. 1909; Eders Jahrb. f. Phot. 1910, S. 353.

2) Der Physiker Plücker veröffentlichte zuerst Ende der fünfziger Jahre des vorigen Jahrhunderts Untersuchungen über die Gasspektra; der Glasbläser Geißler in Bonn stellte die hierzu dienenden Röhren zuerst her.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

beiden Enden eingeschmolzene Platindrähte, mit denen man die Pole einer Induktionsrolle verbindet; in vielen Fällen erweisen sich Aluminiumelektroden an Stelle der Platindrähte vorteilhafter.

Das durch Elektrizität in luftverdünnten Geißlerschen Röhren erzeugte Licht ist trotz seiner scheinbaren Schwäche photographisch gut wirksam. Dove (1861) und Roger (1864) gelang es, das geschichtete Licht der Geißlerschen Röhren zu photographieren. Der erstere erhielt Photographien, welche deutlich das geschichtete Licht als eine Reihe perlenartig aneinander sich reihende Kugeln darstellte. — Rood photographierte 1864 auch die schwach leuchtenden Büschel positiver und negativer Elektrizität und konnte sogar am Tageslichte (bei hintergestelltem weißen Papier) die Phänomene photographieren[1]). — Norley photographierte im Jahre 1871 ein solches Licht, welches so schwach war, daß es selbst im Dunkeln kaum sichtbar war, in 30 Minuten, infolge des bedeutenden Gehaltes an ultravioletten Strahlen[2]). Die Bromsilbergelatineplatte ermöglicht in der Folge in zahlreichen Fällen die Photographie derartiger Lichtphänomene (vgl. Wolf Czapek, Angewandte Photographie in Wissenschaft und Technik, Berlin 1911).

Später gelang es, das Spektrum des Lichtes Geißlerscher Röhren zu photographieren und es ist dies ein großes Gebiet der wissenschaftlichen Spektralanalyse geworden. Es soll hier jedoch nicht näher darauf eingegangen werden, obschon der Verfasser in Gemeinschaft mit E. Valenta zahlreiche spektralanalytische Untersuchungen über Argon-, Brom-, Chlor-, Schwefelspektren usw. in Geißlerschen Röhren anstellte und in den Berichten der kais. Akad. d. Wissensch. in Wien publiziert hatte. An dieser Stelle soll nur die Geißlersche Röhre als Lichtquelle für Beleuchtungszwecke erörtert werden, wie dies durch das Moorelicht ermöglicht wurde.

Moorelicht.

Das Moorelicht wurde zuerst von D. Mc. Farlan Moore, New York, 1896 angewendet. Der Beleuchtungskörper besteht aus langen evakuierten Röhren, welche durch zwei Elektroden an den Enden mit hohen Spannungen (4—5000 Volt) beschickt werden. Es ist also das Prinzip der Geißlerröhren angewendet, gasförmige Leiter bei sehr geringem Drucke in sogenannten Vakuumröhren zum Leuchten zu bringen. Gegenwärtig werden Anlagen mit Rohren von 20 bis 70 m Länge in einem Stück bei 5 cm Durchmesser gebaut. Die Rohre werden aus 2 m langen Stücken an Ort und Stelle zusammengeschmolzen. Der hochgespannte Wechselstrom wird aus gewöhnlichem niedergespannten Wechselstrom durch eigene kleine Öltransformatoren erzeugt. Die Rohre

1) Fortschritte der Physik 1864, S. 257.
2) Phot. Mitt. 1871, Bd. 8, S. 102.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

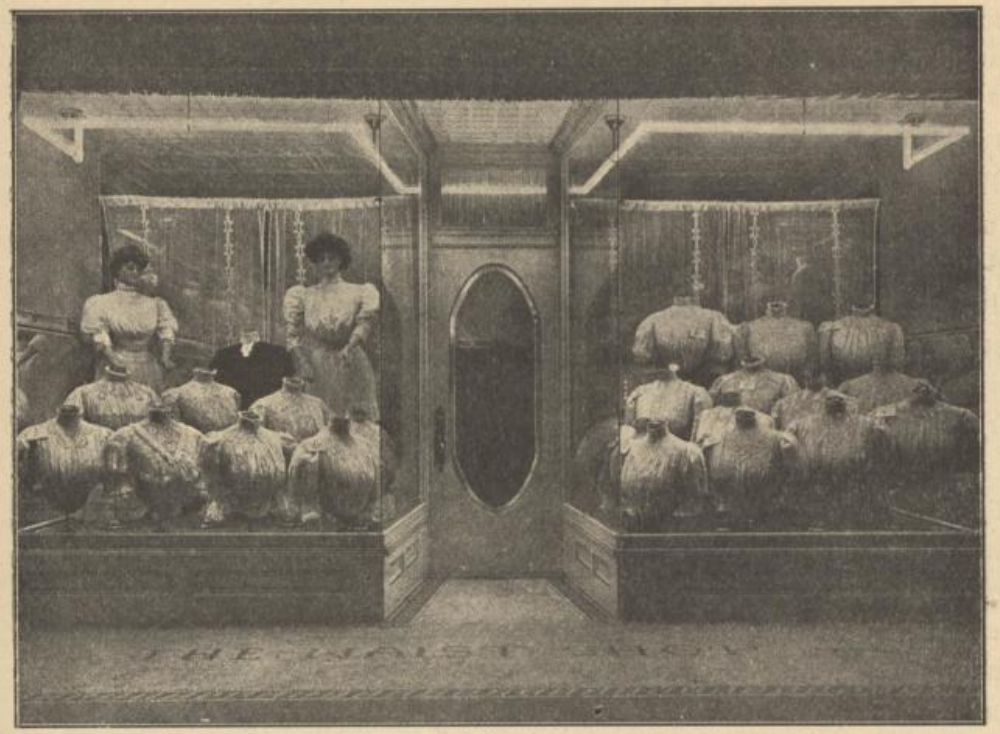


Fig. 205. Aufnahme eines mit Moorelicht beleuchteten Schaufensters (Photographie bei Moorelicht).

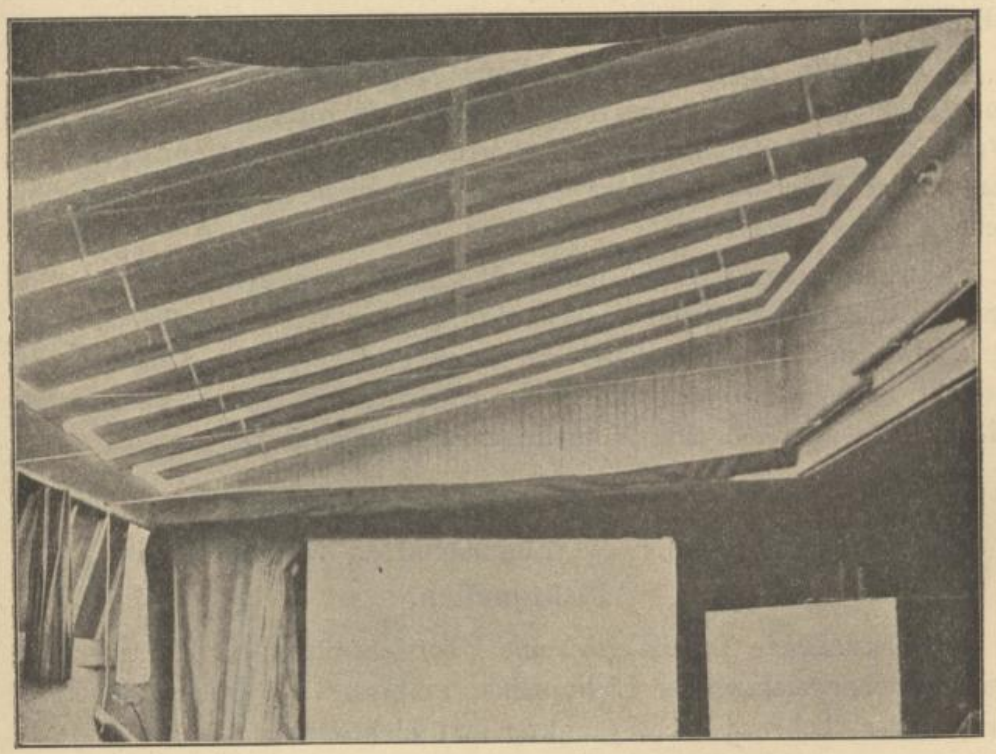


Fig. 206. Moorelicht-Anlage in einem photographischen Atelier als elektrisches Oberlicht (Photographie bei Moorelicht aufgenommen).

besitzen ein Ventil, welches bezweckt, das Vakuum der Röhre konstant zu halten, da sonst die Lichtstärke sich ändert.

Da nach den Messungen Weddings[1]) auf 1 qcm Röhrenoberfläche 0,21 HK kommen, so folgt, daß das Licht ungemein mild ist und keine Blendungen eintreten. Da die Rohre, um eine bestimmte Lichtintensität zu erzielen, sehr lang gehalten werden müssen, resultiert eine ungemein gleichmäßige Lichtverteilung, so daß das Moorelicht in dieser Hinsicht allen anderen Lichtquellen überlegen ist. In bezug auf Ökonomie ist das gelbe Moorelicht dem Tantallicht gleichwertig, ca. 1,5 Watt pro 1 HK, während die Ökonomie des weißen Moorelichtes ca. 3,5 Watt pro HK ist.

Die Farbe des Moorelichtes ist bei etwas Stickstoff in der Röhre warm, tonig, dem Sonnenlicht sehr ähnlich. Kohlensäure gibt ein rein weißes Licht, welches wegen seines kontinuierlichen Spektrums dem Tageslicht ganz gleichwertig ist. Die Farbe ist so rein, daß Bogenlampen mit Reinkohlen grau erscheinen. Welchen Einfluß andere Gase auf die Lichtfarbe nehmen, ist noch nicht genügend untersucht.

Auch in bezug auf aktinische Wirkung und Eignung für den Porträtphotographen und Reproduktionstechniker müssen Versuche noch abgewartet werden.

Immerhin geben die Illustrationen Fig. 205 und 206, welche wir mit Erlaubnis der Moorelichtgesellschaft reproduzieren, den Beweis, daß photographische Aufnahmen bei Moorelicht gut gelingen; sie zeigen auch die Art der Beleuchtung, wie sie für photographische Ateliers gedacht ist.

In Berlin konstituierte sich die Moorelichtgesellschaft ca. 1909. Im Jahre 1911 wurde eine solche Einrichtung mit Moorelicht an der k. k. Hof- und Staatsdruckerei auf Anregung von P. v. Schrott aufgestellt; ferner wurde am elektrotechnischen Institute der k. k. Technischen Hochschule in Wien eine Moorelichtanlage eingeführt.

IV. Tabelle über die Eigenschaften verschiedener Lichtquellen.

Nachstehende Tabelle gibt eine Übersicht über die Eigenschaften verschiedener elektrischer Lichtquellen in bezug auf Ökonomie, Nutzbrenndauer, Lebensdauer, Spannung und Lichtstärke.

---

1) Wedding, Das Moorelicht, Elektrot. 1910, Heft 20 u. 21.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Eigenschaften der verschiedenen Lichtquellen.

Lichtquellen	Ökonomie Watt pro 1 HK	Nutzbrenndauer	Lebensdauer h	Spannung und Lichtstärkeeinheiten	Bei Einzelschaltung im Netz bei 110 Volt
Kohlenfadenlampe	2,6	130	300	5 bis 100 HK bis 220 Volt	
	3,1	300	700	"	
	4,0	500	1000	"	
Tantallampe . .	1,6	400—600	1000 u. mehr	16 bis 100 HK bis 220 Volt	
Wolframlampe . .	1,1	1000	1000 u. mehr	16 bis 1000 HK bis 220 Volt	
Nernstlampe . .	1,7	400 - 450	400—450	bis 1000 HK 85 bis 280 Volt	
Bogenlampen:					
gewöhnliche Gleichstrom mit unbeschränktem Luftzutritt . .	0,76 – 0,42	—	ein Kohlenstift brennt 10—20	mit 42 Volt gerechnet	2,1—1,16
gewöhnliche Wechselstrom m. unbeschränktem Luftzutritt . .	0,98—0,66	—		do.	3,6—2,4 wenn 2 in Serie 1,05—0,58 bzw. 1,8—1,2
Dauerbrandlampen:					
Reginalampe . .	1,075	—	bis 300	80 Volt	1,5—1,1
Liliputlampe . .	1,09—0,8	—	bis 20	80 Volt	1,5—1,1
Effektlampe . . .	0,163	—	10—20	45 Volt	0,4
Quecksilberdampflampe . . .	0,87	1000	1000	110 u. 220 Volt Einzelschaltg.	
Quarzlampe nach Dr. Küch . .	0,26	1000	1000	110 u. 220 Volt Einzelschaltg. von 800 HK an	
Moorelicht . . .	1,6	—	—	beliebig	

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

SIEBZEHNTES KAPITEL.

VERWENDUNG DES ELEKTRISCHEN LICHTES IN DER PHOTOGRAPHIE.

I. Geschichtliche Notizen über die Verwendung des elektrischen Lichtes in der Photographie.

Die ersten Angaben über die chemische Wirkung des elektrischen Kohlenlichtes machte Brande[1]); er fand, daß unter seiner Wirkung Chlorknallgas unter Explosion sich zu Salzsäure verbindet. — Berres benutzte den galvanischen Bogen im April 1840 zur Mikrophotographie auf Daguerreotypplatten. — Silliman und Goode photographierten im November 1840 bei galvanischem Lichte von 90 Daniellschen Elementen ein Medaillon mittels einer einfachen Linse auf Daguerreotypplatten in 20 Sekunden, welche Versuche Silliman 1851 mit Erfolg wiederholte[2]). — De Monfort erhielt 1846 mittels elektrischen Lichtes wohl nicht Porträts, aber das Daguerreotyp eines Buketts mit einer einfachen Linse in 15 Minuten[3]). — Talbot bekam 1851 mit jodiertem Eiweiß mit Eisenhervorrufung auf einer rasch gedrehten Scheibe durch momentane Belichtung durch einen starken elektrischen Funken ein klares scharfes Bild[4]). — Gaudin stellte unter einem Negativ auf Kollodiumplatten eine positive Kopie bei elektrischem Lichte her. Dasselbe war durch einen parabolischen Spiegel konzentriert und so wirksam, daß trotz eines vorgeschobenen blaßgelben Glases die Exposition nur einige Sekunden dauerte[5]).

Zur eigentlichen Porträtphotographie lebender Personen, sowie zur Photographie von Gipsfiguren, benutzten es Aubree, Millet und Leborgne um dieselbe Zeit und sie nahmen die Priorität dieser Anwendung des elektrischen Lichtes in Anspruch; sie benutzten 50 Bunsensche Elemente[6]).

Später beschäftigte sich Lucenay (1852), sowie Gaudin und Delamarre mit Porträtaufnahmen bei elektrischem Lichte und wendeten ihre Aufmerksamkeit passenden Reflektoren und Schirmen zu (s. S. 436).

---

1) Annales de Chimie et de Physique, Bd. 19, S. 205.

2) Daguerreian Journ. 1851, Bd. 1, S. 139 u. 334. Silliman's Americ. Journ. (1.) Bd. 43, S. 185.

3) Cosmos 1852, II, 39.

4) Daguerreian Journ. 1851, Bd. 2, S. 178; Phot. Archiv 1877, S. 170.

5) La Lumière 1853, Bd. 1, S. 159.

6) Daguerreian Journ. 1852, Bd. 3, S. 57; Comptes rendus, Bd. 33, S. 501; Chemisches Zentralblatt 1852, S. 16.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

In der Sitzung vom 21. Dezember 1863 überreichte Nadar der französischen photographischen Gesellschaft Porträtphotographien, welche mittels des elektrischen Lichtes erhalten worden waren. Er exponierte die nassen Platten beim Licht[1]) von 50 galvanischen Elementen und unter Anwendung eines mit Kreide bestrichenen Reflektors 60 bis 85 Sekunden. Solche sehr gelungene Porträts (Brustbilder usw.) stellte er in der Londoner Ausstellung 1862 aus. Um dieselbe Zeit benutzte er das elektrische Licht zur Beleuchtung der Katakomben in Paris, deren Aufschriften usw. zu photographieren er beauftragt war (vgl. auch Magnesiumlicht). Bazain erzeugte bei elektrischem Licht Photographien 300 Fuß unter dem Meeresspiegel (Phot. Mitt. Bd. 3, S. 261).

Marguery versuchte 1898 mit Erfolg die Photographie von Landschaften und Architekturen, welche (bei Nacht) mittels elektrischen Bogenlichtes (mit Reflektoren) erhellt waren. Das Licht (mit 70 bis 75 Ampère Stromstärke erzeugt) hatte eine Helligkeit von 7500 Kerzen; die Gärten der Ausstellung in Rouen waren in zehn Sekunden, der 155 m entfernte Dom in vier bis acht Minuten ausexponiert (Eders Jahrb. f. Phot. 1899, S. 452).

Beim galvanischen Lichte einer Wayschen Quecksilberlampe können Negative auf Chlorsilberpapier ganz gut kopiert werden, wie Bedford durch seine Vorlagen in der Londoner photographischen Gesellschaft 1861 bewies. Das Licht besitzt aber eine eigentümlich durchdringende Kraft, weshalb die Negative ziemlich dicht sein müssen, dichter als für das Kopieren bei zerstreutem Tageslicht[2]).

Malone benutzte das elektrische Licht von 40 Groveschen Elementen (Dubosq-sche Lampe) zum Kopieren von Bildern auf Albuminpapier im Kopierrahmen und erhielt in $^1/_4$ Stunde eine Kopie; dabei zeigten die Kopien bedeutende Tiefe des Tones[3]).

Sensibilisiertes Albuminpapier in einer Distanz von 15 Zoll vom Licht eines Siemensschen elektro-dynamischen Brenners gibt nach 2 Minuten unter einem dünnen Negativ eine Kopie, ebenso Pigmentpapier[4]).

Über die Versuche von Woodbury, Dujardin, Garnier und Rodriguez s. S. 463.

Zu Vergrößerungen kann man das elektrische Licht an Stelle des Sonnenlichtes mit Vorteil verwenden. Einen derartigen Vergrößerungsapparat legte Dubosq[5]) am 15. Februar 1861 der französischen photographischen Gesellschaft vor. Dieser Apparat bestand aus einem kupfernen Kasten und Säulen, auf einem Holzsockel angebracht (Fig. 207).

Im Mittelpunkte des Gehäuses befinden sich die zwei Kohlenspitzen $+B$ und $-B$ (Fig. 208), die mittels des Regulators mit einer Batterie von 50 Elementen in Berührung gebracht wurden und die eine 5mal geringere Lichtkraft gaben als die Sonne

1) Lichtbogen zwischen Kohlenspitzen und mit einem Serrinschen Regulator.

2) Photogr. News 1871, Bd. 5, S. 279; Kreutzers Zeitschr. f. Photogr. 1862, Bd. 5, S. 20.

3) Humphreys Phot. Journ. 1861, Bd. 13, S. 348 aus Brit. Journ. of Phot; Kreutzers Zeitschr. f. Phot. 1861, Bd. 3, S. 110.

4) Bolas, Yearbook of Photogr. 1879, S. 55.

5) Bulletin Soc. franç. Bd. 7, S. 58; Kreutzers Zeitschr. f. Phot. Bd. 4, S. 55.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

bei gleichen Öffnungen für den Durchgang des Lichtes. Ein System zwei plankonvexer Linsen (Kondensatoren) war etwas jenseits seines Brennpunktes in bezug auf das Kohlenlicht derart angebracht, daß man einen Kegel von konvergierenden Strahlen erhielt, in dessen Richtung ein Doppelobjektiv *E*, das vergrößernde System des Apparates, zu stehen kam, welches das Bild des zu vergrößernden Negatives *D*, das sich nahe der Linsen *C* befindet, vergrößert. Ein konkaver Spiegel *A* ist hinter dem leuchtenden Flammenbogen angebracht und konzentriert die Strahlen auf den Flammenbogen selbst, so daß dessen Glanz um das Doppelte vergrößert wird.

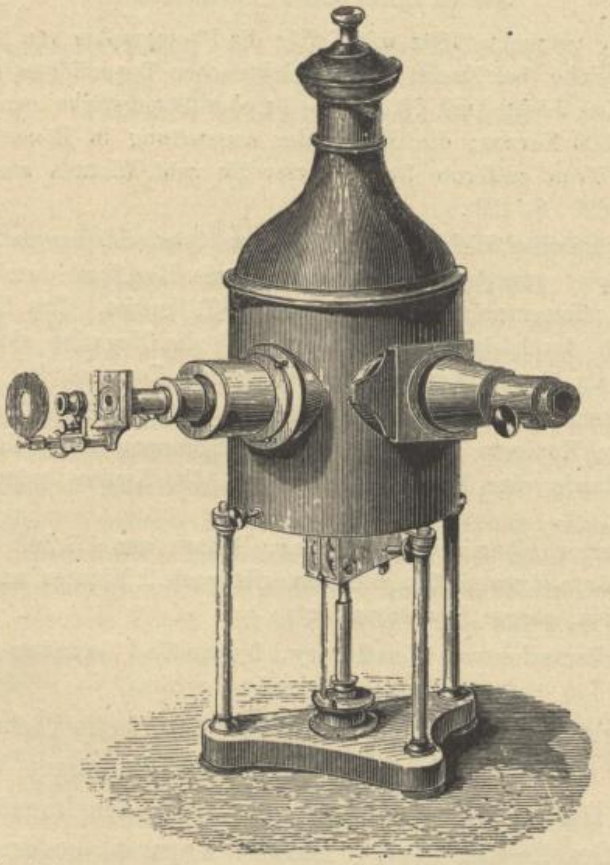


Fig. 207. Dubosqs Vergrößerungsapparat mit elektrischem Licht.

Einen ähnlichen Apparat benutzte Liesegang[1]) anfangs der sechziger Jahre und das Prinzip ist heute noch beibehalten, wenn auch die Form sich mannigfach geändert hat, worüber weiter unten (Kapitel Vergrößerungen) ausführlich berichtet werden wird.

Thouret legte im Juni 1864 der französischen photographischen Gesellschaft Vergrößerungen bei elektrischem Licht auf Chromsilberpapier vor[2]).

---

1) Liesegang, Handbuch der photographischen Verfahren mit Silberverbindungen, 1880, S. 480.

2) Bulletin Soc. franç. Phot. 1864, S. 169.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

In großartigem Maßstabe wendet Winter in Wien seit 1877 bei der Herstellung seiner Vergrößerungen auf Leinwand usw. (Linographien) das elektrische Licht einer Siemensschen Maschine an. Er arbeitet hierbei mit demselben Lichte nach drei Seiten hin (s. Fig. 209).

Das elektrische Licht befindet sich bei *a*, bei *b* sind die Kondensatoren und bei *e* die zu vergrößernden Negative mit den Vergrößerungslinsen, ähnlich wie in der nachstehenden Zeichnung ersichtlich, angebracht; bei *d* befindet sich die Leinwand auf

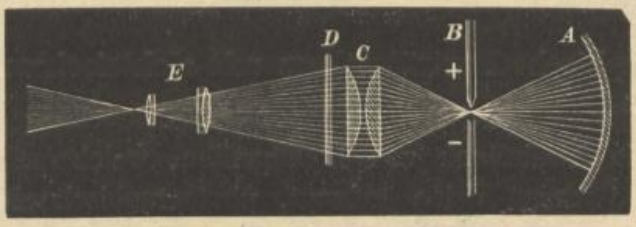


Fig. 208. Dubosqs Vergrößerungsapparat mit elektrischem Licht.

Schirmen aufgespannt, welche mittels Rollen auf Schienen laufen; durch Zwischenwände *d* sind die drei Räume separiert.

Das sensibilisierte (Jodbromsilber haltige) Gewebe wird wie sonst bei Vergrößerungen exponiert und zwar je nach dem Maßstabe der Vergrößerung und der Dichte der Negative 1 bis 5 und 15 Minuten und darüber, nämlich so lange, bis das Bild sichtbar zu werden beginnt, wonach mit saurer Pyrogalluslösung entwickelt wird[1]).

Heid in Wien exponiert seine Vergrößerungen auf Chlorsilberpapier und Leinwand beim Licht einer Siemensschen Maschine gleichfalls

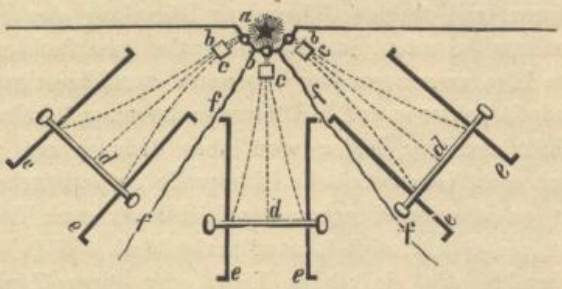


Fig. 209. Winters Vergrößerungsapparat.

bis das Bild schwach sichtbar ist und entwickelt dann mit Gallussäure; beim Vergrößern einer Visitkarte auf halbe Lebensgröße dauert dies ungefähr 10 bis 15 Minuten.

Das elektrische Licht wurde auch zu direkten Vergrößerungen auf Platinotyppapier benutzt und zwar in New York schon seit 1879 mit Erfolg; das Licht wurde in den Brennpunkt einer Sammellinse gebracht und nach einem Negativ das vergrößerte Bild auf ein Platinpapier entworfen. Die Exposition betrug 5 bis 30 Minuten[2]).

1) Phot. Archiv 1879, S. 35. Deutsches Patent Nr. 3498 vom 25. Juli 1877.
2) Willis, Phot. News 1881, S. 232.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Weiteres über Vergrößerungsapparate usw. s. das betreffende Kapitel.

Auch zur vergrößerten Photographie von mikroskopischen Objekten („Mikrophotographie") wurde das Kohlenlicht von ungefähr 50 Bunsenschen oder Groveschen Elementen benutzt (Moitessier[1]), Woodward[2]) u. a.). Man erreicht hierbei den Vorteil, keines Heliostaten, Reflexionsspiegels usw. zu bedürfen und arbeitet zufolge der größeren Konstanz und Gleichmäßigkeit sogar sicherer als mit Sonnenlicht. Woodward schaltete vor dem Lichte eine Glaswanne mit blauer ammoniakalischer Kupferlösung ein, um die Augen zu schonen und die nicht wirksamen Strahlen abzuhalten.

II. Photographische Porträtateliers mit elektrischem Bogenlicht.

Durch die Fortschritte der künstlichen Beleuchtung und namentlich durch die Auffindung von Lichtquellen, welche sehr aktinisches Licht geben, ist man dahin gelangt, photographische Negative nach Porträten bei künstlichem Licht herzustellen. Diese Einführung erlaubte die Aufnahme bei Tag und Nacht und es wurden Ateliers errichtet, welche von Mittag bis Mitternacht für das Publikum geöffnet waren. Dabei mag zum Teil die Sucht nach Kuriosität mit im Spiele gewesen sein; überdies hatten die Ateliers mit künstlichem Lichte für lichtarme, nebelige Städte praktische Bedeutung.

Die Idee, Photographien in der Kamera bei künstlichem Lichte aufzunehmen und so im Atelier das Tageslicht entbehrlich zu machen, stammt aus dem Anfang der vierziger Jahre. Claudet dachte 1841 schon an die Herstellung von Porträtphotographien bei Nacht (s. unten), Lucenay (1852 s. o. S. 432) sprach sich ähnlich aus, Gaudin und Delamarre (1854 s. o.), sowie Moule gedachten 1857 schon des Vorteiles, den Reflektoren und farbige Gläser zur Dämpfung des allzu grellen bengalischen Lichtes gewähren (s. unten), so daß die später mehrfach erhobenen Prioritätsansprüche auf diese Idee zugunsten der Genannten zurückgewiesen werden müssen.

Ohne passende Reflektoren und Lichtblenden lassen sich keine hübschen Porträts bei künstlichem Licht erzielen; leider wird aber dadurch ein großer Lichtverlust bedingt. Es läßt sich nicht jede aktinische Lichtquelle zu praktischen photographischen Zwecken benutzen; es ist hierbei neben der Lichtkraft noch der Kostenpunkt, die leichte Handlichkeit, die Gefahrlosigkeit usw. maßgebend.

Lucenay brachte das elektrische Licht oder einen Zündsatz 1852 in den Brennpunkt eines parabolischen Reflektorschirmes, um parallele Strahlen zu erhalten. Für Porträts dämpfte er schon das Licht ab, indem er ein blaues Licht vorschob und statt eines glänzenden Reflektors einen unpolierten benutzte[3]).

Gaudin und Delamarre ließen sich 1854 sogar (ohne auf die Priorität Lucenays Rücksicht zu nehmen) die Anwendung des elektrischen Lichtes und des bengalischen Feuers zur Porträtphotographie patentieren, ohne daß das Patent zur Ausübung kam. Sie brachten das Licht im Brennpunkt eines parabolischen Spiegels

1) Moitessier-Benecke, Die Photographie als Hilfsmittel mikroskopischer Forschung 1868.

2) Bullet. Soc. franç. 1878, S. 102.

3) Patent am 30. Oktober 1852. Abridgements of the Specifications relating to Photogr. 1861, S. 18.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

von $^1/_2$ m aus versilbertem Kupfer an; zwischen diesem Spiegel und der sitzenden Person wurde ein zweiter sphärischer Spiegel von nur 30 cm Durchmesser so befestigt, daß die Lichtquelle gleichfalls in seinem Brennpunkt sich befindet, wodurch einerseits die Lichtstrahlen von den Augen des Sitzenden abgehalten und andererseits wieder in den parabolischen Spiegel zurückgeworfen werden. Das reflektierte Licht traf die Person nicht unmittelbar, sondern fiel durch blaues Glas; das Lokal war mit blauem Papier ausgeklebt[1]).

In Österreich war Ost[2]) der erste Photograph, der die Beleuchtung des Ateliers mit elektrischem (galvanischem) Lichte bei Porträtaufnahmen einrichtete. Er beleuchtete mit zwei Flammen, und zwar mit einer Hauptflamme (durch 80 Bunsensche Elemente erzeugt), welche die Schlaglichter lieferte, und einer zweiten Flamme (durch 40 bis 50 Bunsensche Elemente), welche die Schlagschatten der ersteren mäßigte. Die zweite Flamme war kleiner, stand entfernter und beleuchtete von unten (Distanz über dem Boden 1 m), während die Hauptflamme höher stand (2 m über dem Boden). Den benutzten Apparat zeigt Fig. 210.

Der sphärische (eventuell parabolische) Spiegel wirft das Licht durch eine blaue, transparente Halbkugel aus Glas, welche letztere den Zweck hat, das Licht dem Auge wohltuender und den Blick offener zu machen. Dasselbe kann (aber nach Ost

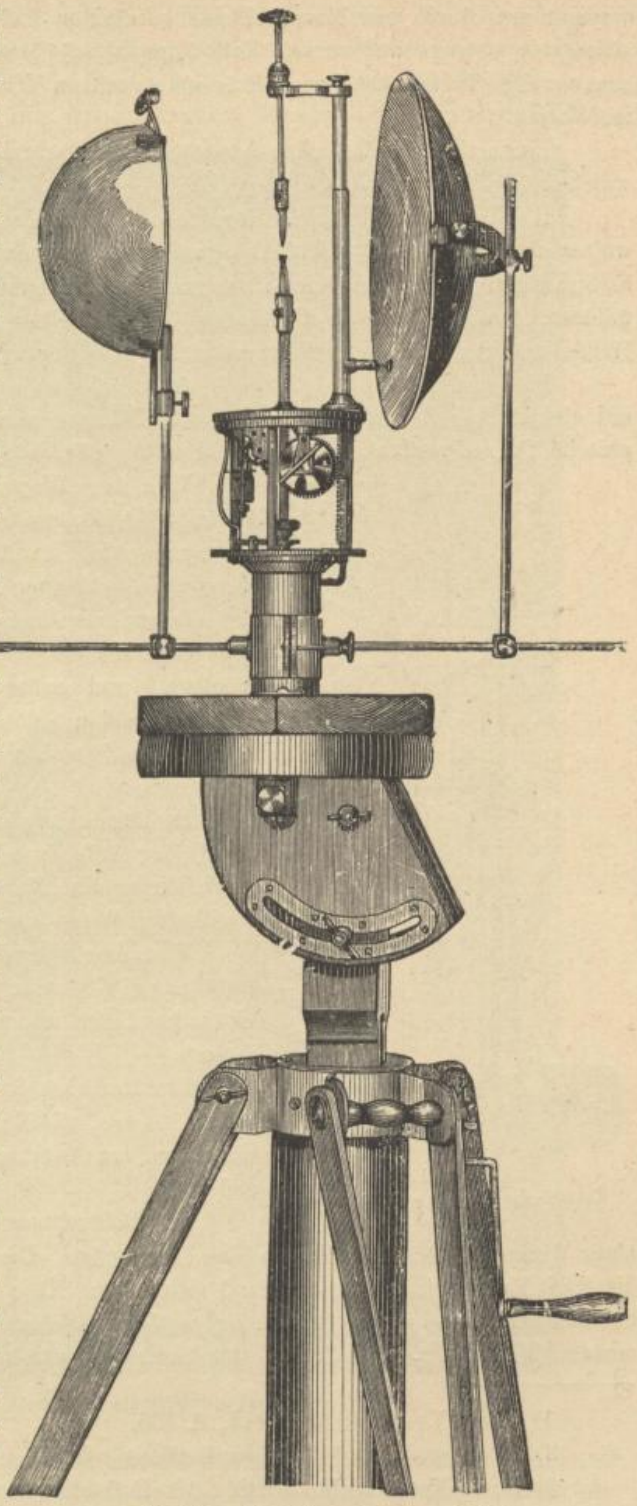


Fig. 210. Elektrische Lampe nach Ost.

1) Kreutzer, Zeitschr. f. Phot. 1861, Bd. 3, S. 110 aus La Lumière, S. 109.
2) Phot. Korresp. 1864, Bd. 1, S. 12 und 72.

weniger gut) durch mit blauem Firnis getränkten Taffet erreicht werden. Die Expositionszeit betrug (auf nassen Kollodiumplatten) 7 Sekunden, steht also dem eines sonnenhellen Tages nach; gegenüber einem trüben Wintertage ist das elektrische Licht im Vorteil.

Einen ziemlich ähnlichen Apparat konstruierte Jarman[1]) wieder im Jahre 1881, welchen Fig. 211 zeigt.

A ist der automatische Regulator der Kohlenspitzen, *B* der Reflektor, *C* ein weiter oben angebrachter Reflektor, welcher Licht nach abwärts wirft, *D* ein kleiner halbtransparenter Papierschirm, welcher das auf die Person direkt auffallende Licht mildert, *P* und *N* die Verbindungen für die Leitungsdrähte, *E* das Stativ, welches Heben und Senken des Lichtes gestattet.

Die erste gut und praktisch funktionierende Einrichtung von Porträtateliers mit elektrischer Beleuchtung und die Einführung von Nachtateliers in die photographische Praxis verdanken wir Van der Weyde.

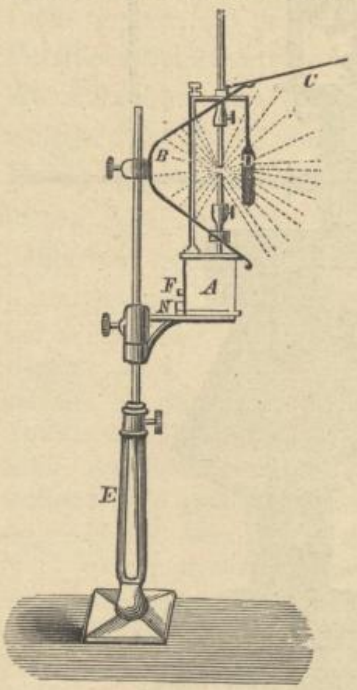


Fig. 211.
Elektrische Lampe nach Jarman.

Van der Weyde beschäftigte sich in neuerer Zeit mit der Verwendung des elektrischen Lichtes der Dynamomaschine im Atelier für Porträtphotographien. Schon 1876 nahm er ein einschlägiges Patent[2]) und 1878 ein anderes ähnliches, worin er das Licht mittels eines parabolischen oder anderen konkaven Reflektors zurückwarf und außerdem einen opaken oder halbdurchscheinenden Schirm zwischen der Lichtquelle und der sitzenden Person einschaltete, um das direkte Licht zu zerstreuen[3]).

Es läßt sich nicht leugnen, daß von Van der Weyde der Aufschwung der „Photographie bei Nacht" datiert, da er die „Nachtateliers" in der Praxis in sehr vorteilhafter Weise zur Ausführung brachte.

Van der Weyde stellte in der Pariser Weltausstellung 1878 sehr gelungene Versuche aus, das elektrische Licht im regulären Porträtgeschäft einzuführen[4]).

Ein ähnliches System wurde dann auch in zwei Pariser Ateliers, nämlich von Liébert und Petit eingeführt und zu Aufnahmen in den Abendstunden verwendet[5]).

Zur Beleuchtung wurde von Liébert das Licht einer Grammeschen Dynamomaschine verwendet. Die elektrische Flamme von 3000 bis 4000 Kerzen Leuchtkraft befand sich in der Nähe einer kleinen Reflexionsscheibe im Zentrum eines großen kugelartig gewölbten Schirmes von ca. $1^1/_2$ bis 2 m Durchmesser (Fig. 212). Das Innere des Schirmes war mit weißem Papier überzogen;

1) Phot. Yearbook für 1882, S. 155.

2) Abridgements of the Specifications relating to phot. III, 1878, S. 103.

3) Phot. News 1879, S 99. Als Reflektor kann im Notfall ein Regenschirm verwendet werden, dessen Stock abgeschnitten und dessen Innenseite mit weißem Papier ausgeklebt ist; mitten in die Höhlung wird die Lichtquelle gebracht.

4) Phot. Archiv 1879, S. 6.

5) Phot. Korresp. 1879, S. 34 und 211.

SLUB Wir führen Wissen.
gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

das Licht fiel also nicht direkt auf das Modell (wodurch grelle Lichter und Schatten und unschöne harte Bilder entstehen würden), sondern dasselbe erscheint der doppelten Reflexion des Lichtes zufolge sehr sanft beleuchtet, mit zarten Übergängen und reichen Halbtönen. Der Reflektor war am Plafond befestigt und nach allen Richtungen

Fig. 212. Atelier bei elektrischem Licht von Liébert.

durch Rollen, Hebel und Gegengewichte beweglich (Fig. 212), so daß man die Lichtstrahlen verschiedenartig auf das Objekt auffallen und die Beleuchtung wechseln lassen konnte.

Levitsky in Petersburg arbeitete mit demselben Apparat wie Liébert[1]). Um Mitternacht nahm er ein großes Gebäude auf, welches durch vier elektrische

1) Phot. News 1881, S. 209.

Flammen beleuchtet war[1]). — In Wien wurde das erste photoelektrische Atelier im Februar 1882 von Stagel und Eckel in der Annagasse im I. Bezirk errichtet, welches jedoch bald wieder einging, weil es mit nassem Kollodium arbeitete und ziemlich lange exponieren mußte und im hellen Frühjahr in Wien für solche Ateliers wenig Bedürfnis war.

Fig. 213. Atelier bei elektrischem Licht von Ronzelen.

Eine andere Einrichtung als die Liébertsche hatte Ronzelen in Berlin in seinem Porträtatelier angebracht (Fig. 213). Das Licht befand sich nicht innerhalb des Papierreflektors wie beim vorigen, sondern auf einem eisernen Postament, welches auf dem Fußboden steht und hin und her geschoben werden kann. Da die direkte

1) Phot. Mitt. 1880, Bd. 17, S. 216.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Beleuchtung leicht zu tiefe Schatten gibt, so war folgende Einrichtung mit indirekter Beleuchtung getroffen: Ein Metallreflektor, in welchem das elektrische Kohlenlicht brennt, warf die Strahlen auf den ziemlich flachen, an der Decke aufgehängten Papierschirm von ca. 2 m Durchmesser und erleuchtet diesen sehr hell. Das gedämpfte Licht strahlt auf das zu porträtierende Objekt zurück. Dadurch wurde allerdings die Helligkeit auf 30% vermindert. Selbst ein Gruppe von ca. 5 Fuß Breite konnte mit dem Licht ziemlich gleichmäßig erleuchtet werden[1]).

Aus diesen älteren Konstruktionen entwickelten sich die modernen elektrischen Beleuchtungsvorrichtungen in Porträtateliers. Hierbei sind sowohl die Aufnahmen bei ausschließlich elektrischem Licht zu erwähnen, als auch die Verwendung elektrischer Bogenlampen zur Hilfsbeleuchtung an trüben Tagen zur Ergänzung des Tageslichtes.

Das gut regulierte und zweckdienlich diffus gemachte Licht einer einzigen gewaltigen Bogenlampe genügt für Porträtaufnahmen.

Es können alle Typen von Bogenlampen, wenn sie nur genügend hell sind, verwendet werden.

In früherer Zeit kannte man nur die gewöhnlichen Kohlenbogenlampen und benutzte sie in der Helligkeit von mehreren tausend Kerzen (s. S. 423). Zur Vermehrung der Helligkeit verwendete man später zwei oder mehr nebeneinandergestellte elektrische Bogenlampen.

Morgan nahm ein englisches Patent für einen Beleuchtungsapparat mit mehreren Bogenlampen, beweglichen Reflektoren und Diffusoren. Eine Einrichtung für zehn Lampen ist im „British Journ. of Phot." 1900, S. 266 abgebildet.

Wir wollen von den zahlreichen „Porträtlampen" mit einfacher und mit mehrfachen Bogenlampen nur einige Beispiele anführen.

K. Weinert in Berlin erzeugt unter der Bezeichnung „Photolumen" eine Doppellampe (zwei Kohlen-Bogenlampen), welche in einem reflektierenden Kasten eingeschlossen ist (Fig. 214); vorne befindet sich eine Mattglasscheibe, oben ist der Kasten offen, damit von der Decke diffuses Licht reflektiert wird. Überdies macht ein Schirm mit transparentem Stoff das Licht diffus.

Die Lampen (Fig. 214) sind automatische Lampen mit schräg nach vorn stehenden Kohlen. Die Regulierung derselben geschieht vollständig selbsttätig. Dieselben brennen mit der doppelten Klemmenspannung von je 75—80 Volt. Ferner sind die Lampen mit einem magnetischen Gebläse versehen, welches den Lichtbogen nach vorn bläst. Hierdurch wird das gesamte erzeugte Licht unter einem Winkel

---

1) Phot. Mitt. 1881, Bd. 17, S. 254 und 270. Auch Leipziger Illustrierte Zeitung 1881, S. 169.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

von 45 Grad zur Horizontalen nach vorn und an die Decke geworfen. Die Lichtausstrahlung ist bei der erreichten hohen Klemmenspannung aktinisch sehr wirksam. Die Lampen brennen mit einem Kohlenpaare ca. 3—4½ Stunden, und in dieser Zeit können dauernd Aufnahmen gemacht werden, ohne das Geringste an der Lampe zu verändern. An der k. k. Graphischen Lehr- und Versuchsanstalt in Wien wurde diese Lampe mit einem Strom von 220 Volt mit bestem Erfolge im Porträtatelier verwendet. Die ganze Lampe ist handlich und bequem verschiebbar.

Fig. 214. Weinerts „Photolumen".

Eine einfache und lichtstarke elektrische Beleuchtungsvorrichtung mit drei Bogenlampen in einem Reflektor erzeugt J. Schmidt (D. R. P. Nr. 186378 und 199565). Die Firma Haake & Albers in Frankfurt a. M. bringt sie unter dem Namen „Empirie-Lampe" in den Handel. Man betreibt die Lampe mit etwa 110 oder besser mit 220 Volt Spannung. Fig. 215 zeigt die Außenansicht der Lampe.

Die „Empirielampe" besteht aus drei versetzt zueinander angeordneten Lichtbogen. Die versetzte Anordnung der Lichtbogen bedingt von vornherein eine große Lichtverteilung. Die Verteilung des Lichtes wird jedoch noch weiter gehoben durch das rippenartige Gehäuse derselben. Die ganze Konstruktion der Lampe ist nicht nur auf das vollendetste für die Praxis konstruiert, sondern weist auch in bezug auf die Regulierung Neuerungen auf, welche dem Operateur wesentliche Vorteile in der Handhabung derselben bietet. So zum Beispiel

werden die einzelnen Kohlenpaare durch eine eigene Vorrichtung selbsttätig nachgeschoben, sobald, wie es oft der Fall ist, ein Kohlenpaar stärker abgebrannt ist als das andere, oder die Lichtbogen infolge nachlässigen Einsetzens der Kohlenstifte in ungleicher Entfernung voneinander stehen. Die sämtlichen Teile der Lampe sind auf das bequemste ohne Handhabung eines Werkzeuges auseinanderzunehmen, ebenso ist der Regulierungsapparat (Widerstand) des leichteren Transportes wegen abnehmbar, da alle verbindenden Teile mit Flügelschrauben versehen sind. Ein bequemes Hoch- und Niederstellen wird durch eine Drehkurbel mit aufgewundenem Drahtseile, an welchem der Schirm befestigt ist, leicht erzielt.

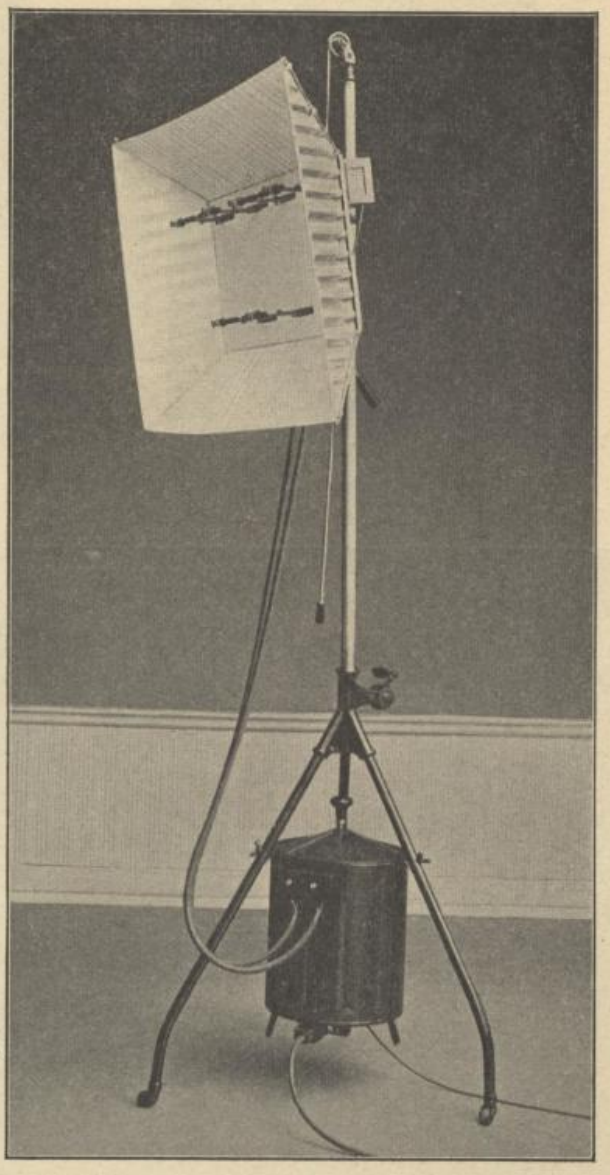


Fig. 215. Schmidts „Empirie-Lampe".

Die Bewegung des Schirmes, um das Licht nach oben oder nach unten zu richten, wird vermittelst einer einfachen Bremsvorrichtung erreicht, welche den Schirm selbsttätig in jeder gegebenen Lage feststellt.

Beim Einschalten der Lampe brennen die drei Lichtbogen normal. Dieses Licht dient zunächst zum Einstellen des Bildes und zur Abstimmung der Beleuchtungsart. Im Augenblick der Exposition drückt man den im Mittelpunkt des Regulierungsgehäuses befindlichen Knopf nieder, womit die Steigerung des Lichtes erfolgt. Die aktinische Lichtkraft wird noch ganz bedeutend erhöht, wenn man nach der Steigerung des Lichtes den Lichtbogen (durch Linksumdrehen der Regu-

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

lierungswelle) noch weiter auszieht. Hierin liegt der wesentliche Vorteil einer Handregulierung, da bei einer automatischen Regulierung ein noch-

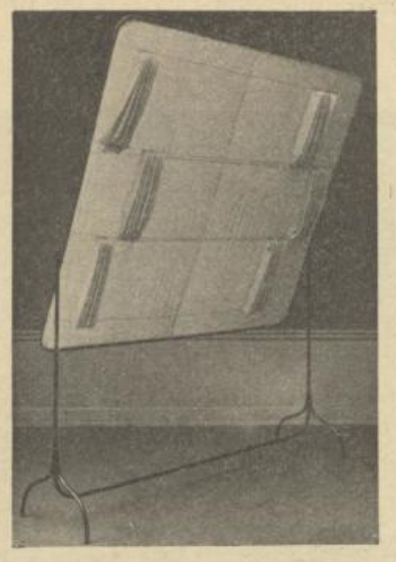


Fig 216 Reflektorschirm.

Fig. 217. Reflektorschirm.

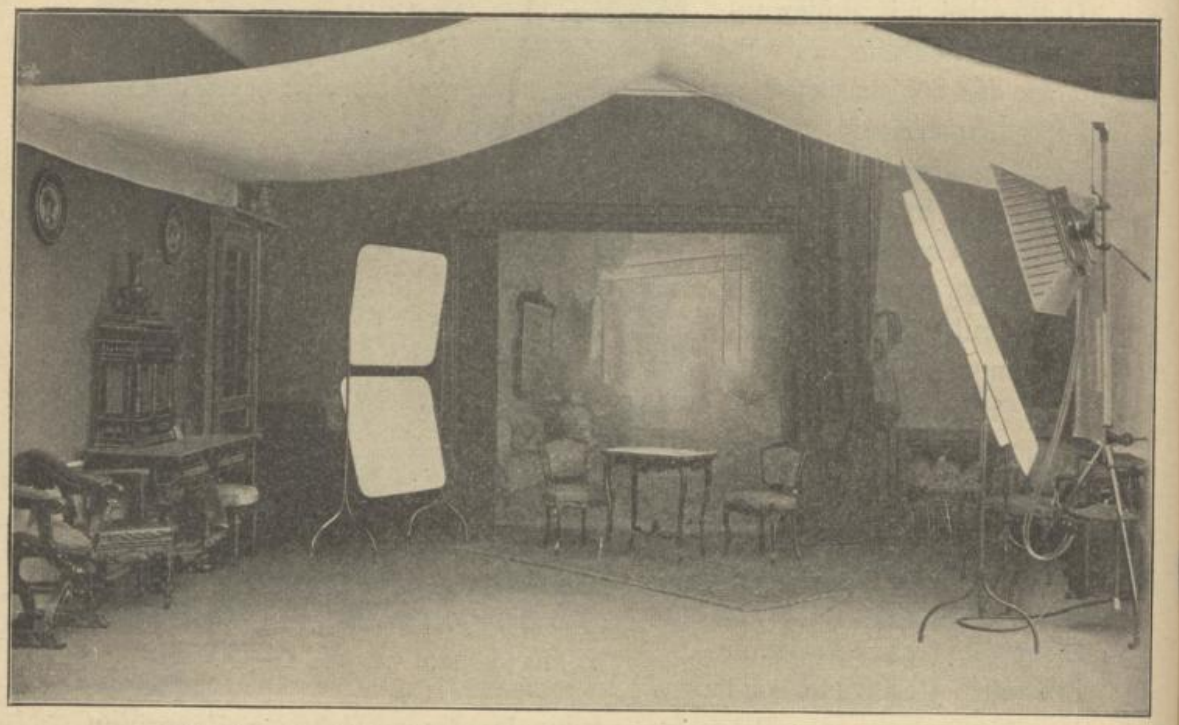


Fig. 218. Kunstlichtatelier mit der elektrischen „Empirie-Lampe“ ohne Tageslicht.

maliges Ausziehen des Lichtbogens unmöglich ist, abgesehen von den Unannehmlichkeiten, welche das stete Reinhalten eines automatischen Uhrwerkes zur Folge hat.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Sobald die Exposition beendet ist, drückt man auf eine pneumatische Birne und die Lampe brennt wieder wie vorher normal.

Die Beleuchtungsarten und Lichteffekte können auf verschiedene Weise erzielt werden. Wünscht man eine durchaus weiche Beleuchtung, so richtet man den Schirm nach aufwärts gestrebt, um ein indirektes Licht von der Decke auf das Modell zu werfen. Um kräftigere Lichteffekte zu erreichen nehme man das Licht direkt, jedoch muß die Lampe in einer entsprechenden Entfernung, ca. 3 bis 5 Meter vom Modelle, stehen und das Licht selbst muß durch einen Crêpestoff gedämpft werden. Hierfür erweisen sich als äußerst vorteilhaft Schmidts gesetzlich geschützte Abdämpfungs- und Reflektionsgestelle.

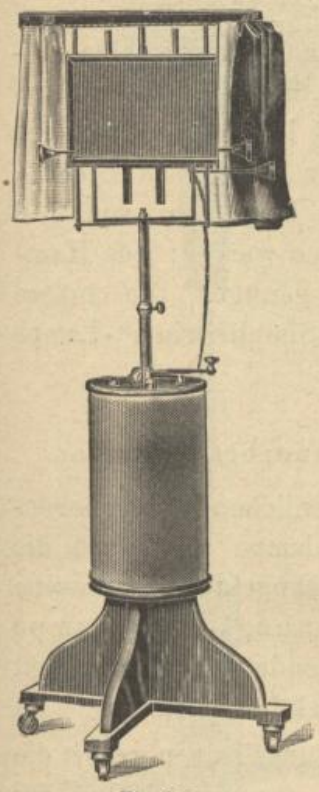


Fig. 219.
Müllers Bogenlampe.

Soll ausschließlich mit indirektem Licht gearbeitet werden, so empfiehlt es sich, den oberen Schirmteil der Lampe herauszunehmen, um das volle Licht nach der Decke zu leiten. Liebt man bei seiner Aufnahme noch die Einwirkung von hinterem Licht, so läßt sich auch der Seitenschirm der Lampe entfernen. Man stellt in diesem Falle einen glatten Stoffschirm hinter die Person, daß das hier aufgeworfene Licht indirekt das Modell trifft, um somit den Beleuchtungseffekt zu erhöhen. Außer für Porträtaufnahmen ist die „Empirie-Lampe" gut für ausgedehnte Gruppen- und Bühnenaufnahmen, sowie für kinematographische Aufnahmen geeignet.

Fig. 220.
„Northlight"-Atelierlampe.

Auch zum Kopieren läßt sich dieselbe verwenden. Ein Zelloidinabzug kann in einer Dauer von 2 bis 3 Minuten angefertigt werden.

Fig. 216 bis 218 zeigen die Anwendung der „Empirie-Lampe" samt den Beleuchtungsschirmen.

Auch Adolf Müller in Hamburg benutzt eine dreifache Bogenlampe mit Handregulierung für Spannungen von 200—250 Volt (regulierbar von 6—30 Ampère) zur Atelierbeleuchtung. Fig. 219 zeigt diese Müllersche Lampe.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

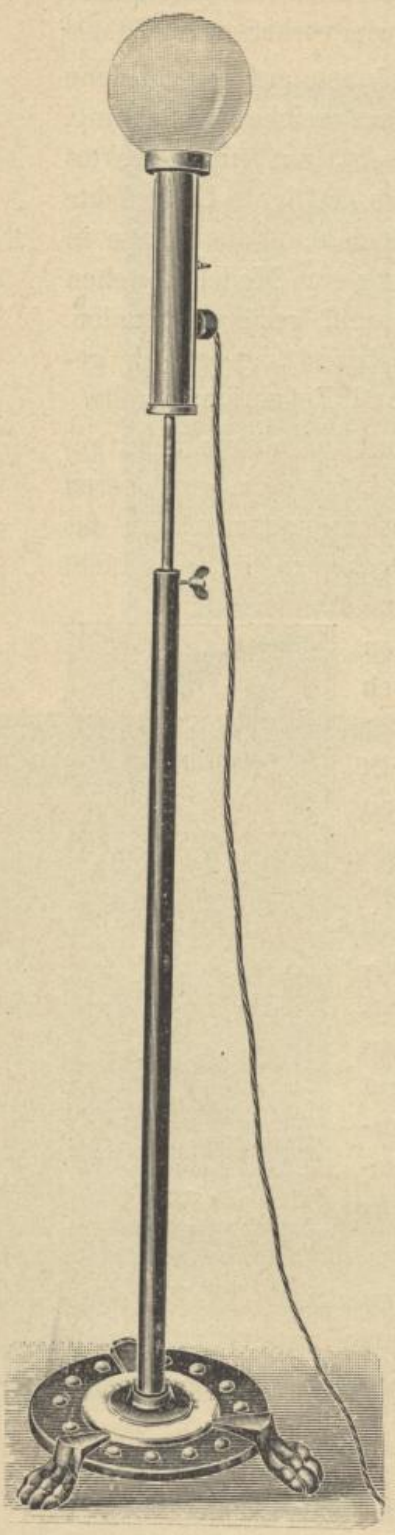


Fig. 221.
Trauts „Simplicissima"-Lampe.

Eine Bogenlampe für Porträtaufnahmen mit vierfachen Bogen und sonnenschirmartigem Reflektor bringt Marion in London unter dem Namen „Northlight"-Atelierlampe in den Handel (Fig. 220).

Jobson und Nikias in England ließen sich eine Bogenlampe mit eigentümlichem Reflektor, welcher durch zwei Öffnungen das Licht nach oben und nach der Seite wirft, patentieren (engl. Patent Nr. 28358, 1909, Brit. Journ. Phot. 1910, S. 916).

Eine handliche kleinere transportable Aufnahmelampe ist Trauts „Simplicissima", welche von der Firma Kieser & Pfeufer in München erzeugt wird. Sie kann sowohl an Gleich-, wie an Wechsel- und Drehstrom von 110 bis 120 Volt angeschlossen werden; jede Hausleitung mit 6 Ampère genügt. Die äußere Form der Trautschen „Simplicissima"-Lampe zeigt Fig. 221.

Hochspannungs-Dauerbrandlampen.

Anstatt der gewöhnlichen Kohlenbogenlampe oder Effektbogenlampe wird auch die luftdicht in hohlen Glaskugeln verschlossene elektrische Hochspannungs-Bogenlampe mit bestem Erfolge verwendet, weil ihr violett nuanciertes Licht sehr aktinisch ist.

Zu den Hochspannungslampen gehört die Regina-Bogenlampe (ca. seit 1904) der Reginalampenfabrik in Köln-Sülz (Deutschland); für Österreich Elektrizitäts-Aktiengesellschaft vorm. Kolben in Prag-Vysočan. Die Regina-Bogenlampe ist eine Dauerbrandlampe (s. S. 422), welche geringeren Stromverbrauch und größere Aktinität als die gewöhnliche Kohlenbogenlampe liefert. Infolge der hohen Spannung entsteht der in einer Glaskugel eingeschlossene Lichtbogen in einer Länge von 25 bis 30 mm.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Fig. 222 zeigt die Außenansicht der in einem Blechkasten untergebrachten Reginalampe; der Kasten ist auf einer Seite offen, auf der anderen mit Mattglas verschlossen; zwei Seiten bestehen aus Blech; oben ist der Kasten gleichfalls offen. Wenn im Atelier durch geeignete Gardinen an der Decke Reflexflächen geschaffen werden können, so sind andere Reflektoren entbehrlich.

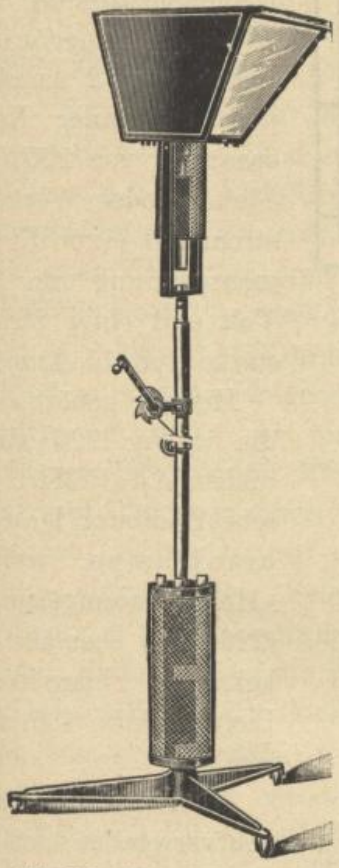


Fig. 222. Regina-Bogenlampe.

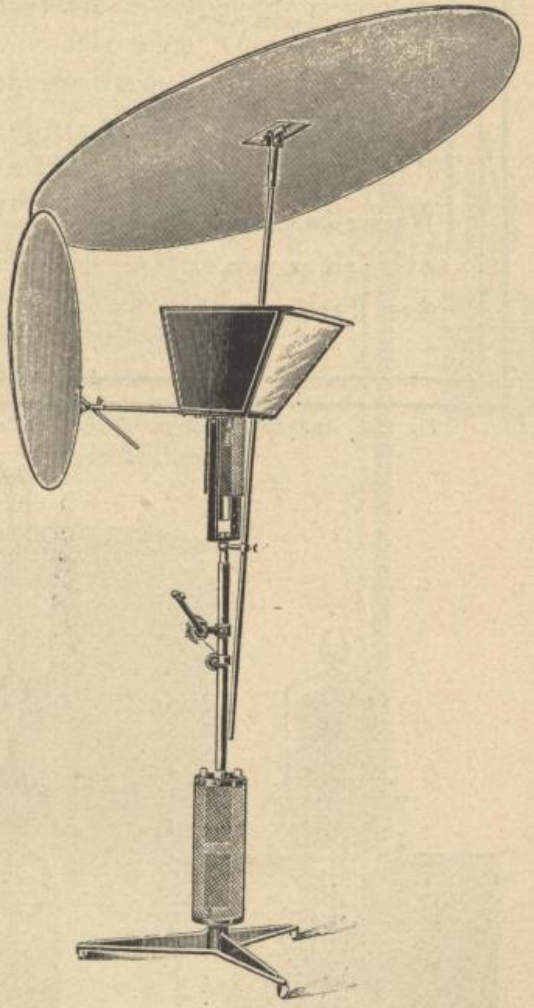


Fig. 223. Dieselbe mit Reflektorschirmen.

Sind keine anderen Reflektoren im Atelier vorhanden, so wird die Lampe selbst in der in Fig. 223 angedeuteten Art mit Reflektorschirmen ausgestattet. — Die Anordnung im Aufnahmeatelier zeigt Fig. 224.

K. Weinerts „Sonja-Universallampe“ ist für Hochspannungsströme (sowohl für Gleichstrom als Wechselstrom) eingerichtet. Diese Lampe (Fig. 225) kann sowohl für photographische Aufnahmen, als

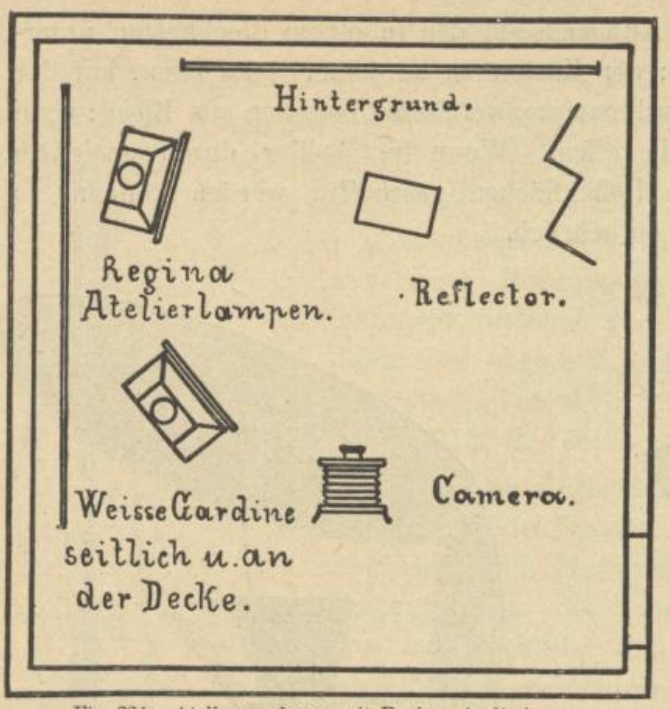


Fig. 224. Atelieranordnung mit Regina-Atelierlampe.

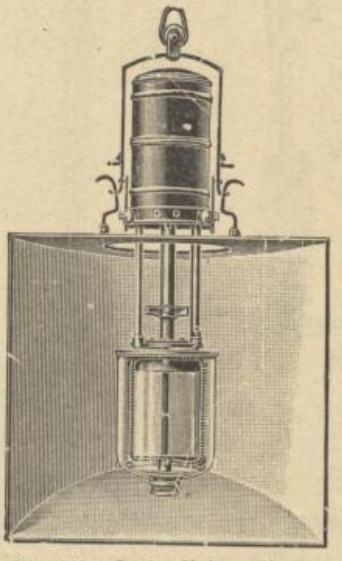


Fig. 225. Sonja-Universallampe mit Reflektor.

Fig. 226. Müllers Dauerbrandlampe.

auch für Kopier- und Reproduktionszwecke, für Vergrößerungen usw. verwendet werden.

Die „Sonja-Universallampe“ brennt einzeln und zwar: Bei einer Netzspannung von 110 bis 120 Volt Gleich- oder Wechselstrom mit einer Klemmenspannung von 90 Volt und einer Stromstärke von 12 Ampère, und bei einer Netzspannung von 220 Volt Gleich- oder Wechselstrom mit einer Klemmenspannung von 140 Volt und einer Stromstärke von 15 Ampère.

Hierher gehört auch die in Fig. 226 abgebildete Adolf Müllersche (Hamburg) Dauerbrandlampe, welche Hochspannungslampe (220 Volt) ebenfalls das bekannte blauviolette Licht (s. Seite 436) aussendet.

Hochspannungslampen verwendet auch die Stralsunder Bogenlampenfabrik für ihre photographischen Lampen für Porträtphotographie. Fig 228 zeigt die Anordnung der Lampe und Fig. 227 den Lichtregler. Er ist nach oben offen, damit das Licht auf die weißen Atelier-Obergardinen fallen kann. Schmale Blechklappen gestatten die Lichtregulierung.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Farbige Beleuchtung für Porträtphotographie.

Es ist eine bekannte optische Erscheinung, daß farbige Pigmente auf weißem Grunde mehr oder weniger zum Verschwinden gebracht werden, wenn man sie mit gleichartigem Licht beleuchtet (rote Pigmente mit rotem Licht usw.) und mit übertriebenem Kontrast sich dunkel abheben, wenn man auf sie komplementär gefärbtes Licht fallen läßt.

Dieses Phänomen kann für die photographische Praxis, sowohl in der Reproduktionsphotographie (s. folgenden Abschnitt III), wie in der Mikrophotographie usw. ausgenutzt werden.

Auch in der Porträtphotographie hat man farbige Beleuchtung versucht (Howard Farmer 1900; Eders Jahrb. f. Phot. 1904, S. 320).

Howard Farmer benutzte starkes elektrisches Bogenlicht und schaltete farbige Lichtfilter ein. Die Lichtfilter, welche nur Rotgelb durchlassen, stellt Farmer her durch Baden von gelatinierten Platten in einer Eosin-Blaustichlösung (100 Teile einer $2^1/_2$proz. Eosinlösung in 3840 Teilen Wasser) während 10 Minuten, Abspülen und nachfolgendes Baden in einer $1^1/_4$proz. Brillantgelblösung (10 Minuten) und Trocknen ohne zu waschen; sie werden vor die Platte eingeschaltet. Solche Aufnahmen mit orthochromatischen Platten geben die Beleuchtungseffekte beim Porträt viel besser als gewöhnliche Trockenplatten, bei welchen hauptsächlich Blauviolett und Ultraviolett wirkt; namentlich die Unreinheiten des Teints sind mit gelbrotempfindlichen Platten viel besser getilgt, so daß die Platten weniger Retouche brauchen.

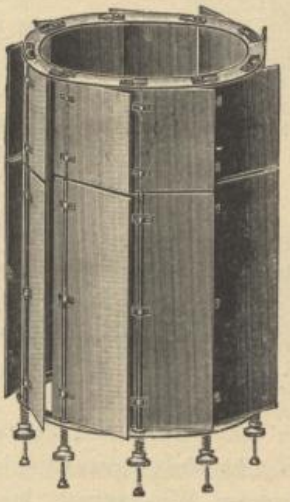


Fig. 227.

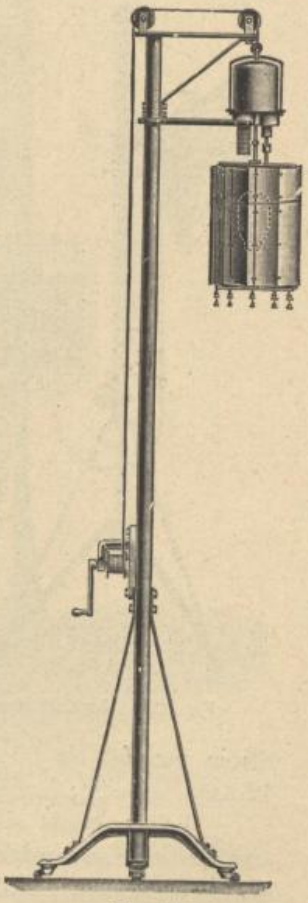


Fig. 228.

Stralsunder Bogenlampe.

Genau den entgegengesetzten Effekt erstrebte der Arzt Dr. Leopold Freund in Wien mit der Beleuchtung der menschlichen Haut mit bläulichgrünem Quecksilberlicht, welches sogar ganz blaßrote Hautauschläge, welche beim Licht der elektrischen Glühlampe fast unsichtbar sind, im Quecksilberlicht enorm stark (dunkel) hervortreten läßt, was z. B. beim ersten Auftreten syphilitischer Hautaffektionen großen diagnostischen Wert hat (L. Freund, Gesellsch. d. Ärzte, Dez. 1910).

Blitzlicht mittels elektrischer Bogenlampen.

Verbrennt man einen Aluminiumstift oder dgl. im elektrischen Starkstrom, so verdampft und verbrennt er unter kurzem Aufleuchten im Momente des Schließens des Stromkreises. Dieses Phänomen nutzte Jean Schmidt in Frankfurt a. M. zur Konstruktion seiner „Jupiter"-Lampe für Momentaufnahmen aus[1]). Gleichzeitig ist ein Glühlampensystem damit verbunden.

Der Apparat besteht aus einem auf einem Stativ befindlichen Hohlschirm, dessen äußerer Rand eine Reihe von Glühlampen trägt. Im Mittelpunkt desselben befindet sich eine Doppelbogenlampe, welche aus nur drei Kontaktarmen besteht. Die Glühlampen sind zunächst zu zweien in einen Stromkreis geschaltet und brennen bei halber Spannung normal. Sobald nun ein Druck auf eine Gummibirne erfolgt, betätigt sich der Schaltapparat, die Glühlampen werden auf die doppelte Spannung gebracht und glühen in diesem Momente mit hochaktinischem Lichte, augenblicklich darnach treten in der Bogenlampe gleichzeitig zwei Öffnungsfunken auf, welche vereinigt mit dem gesteigerten Glühlichte ein mildes aktinisches Licht verbreiten. Der so erzeugte Lichteffekt ermöglicht eine Momentaufnahme in nur $^1/_{30}$ Sekunde. Dieser außerordentliche Lichteffekt in so kurzer Zeit wird dadurch erreicht, daß die Bogenlampe als positive Elektrode einen Aluminiumstift besitzt, während die negative Elektrode durch eine Bogenkohle gebildet ist. Die Schaltvorrichtung ist derartig, daß der im Moment entstandene Bogen sofort wieder erlischt. Die in so kurzer Zeit entwickelte Lichtstärke ist so bedeutend, daß sowohl Einzelporträts, wie auch kleinere Gruppen mit mittleren Blenden lichtstarker Objektive gut ausexponiert werden können.

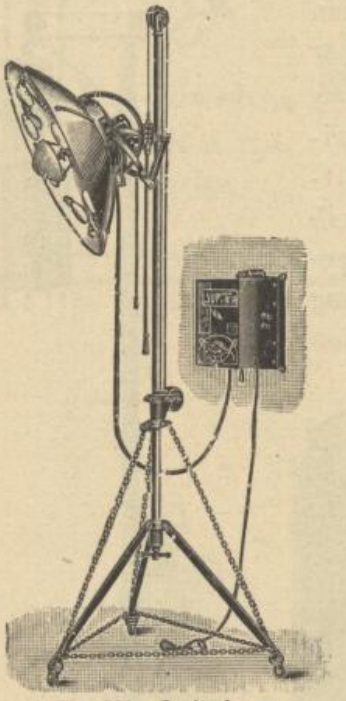


Fig. 229. Jupiterlampe.

Fig. 229 zeigt die Anordnung der Jupiterlampe (Eders Jahrb. f. Phot. 1906, S. 360).

Die Jupiterlampe benötigt einen ganzen Strahlenkranz von Glühlampen und eine Bogenlampe mit einem Strom von 50 bis 60 Amp., während z. B. die Regina-Atelierlampe nur mit 6 bis 12 Amp. arbeitet.

Leider ergibt sich beim Aufblitzen des elektrischen Lichtes bei dieser Konstruktion eine sehr starke plötzliche Schwankung im elektrischen Stromkreis, so daß die damit verbundenen Störungen Widerspruch bei den Elektrizitätsgesellschaften verursachen und kaum mehr solche Lampen in Betrieb gesetzt werden.

III. Reproduktionsateliers mit elektrischem Licht.

Das elektrische Licht hat für die Reproduktion von Plänen, Landkarten, Gemälden eine noch größere Bedeutung als für die Porträtphotographie. Es ist wegen der Gleichmäßigkeit der Intensität des

1) Phot. Korresp. 1903, S. 162. Schmidt erhielt für diese Lampe ein deutsches Reichspatent Nr. 122313 vom 27. März 1900.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Lichtes und durch den Umstand, daß der Photograph leicht den richtigen Grad der Expositionszeit treffen kann, sehr wichtig; es werden die Resultate bei ein und demselben Genre von Arbeiten stets gleichartig sein und man hat es leicht in der Hand, das elektrische Licht in einem gewissen Winkel auf den Gegenstand fallen zu lassen, was bei Arbeiten aller Art von Wichtigkeit ist.

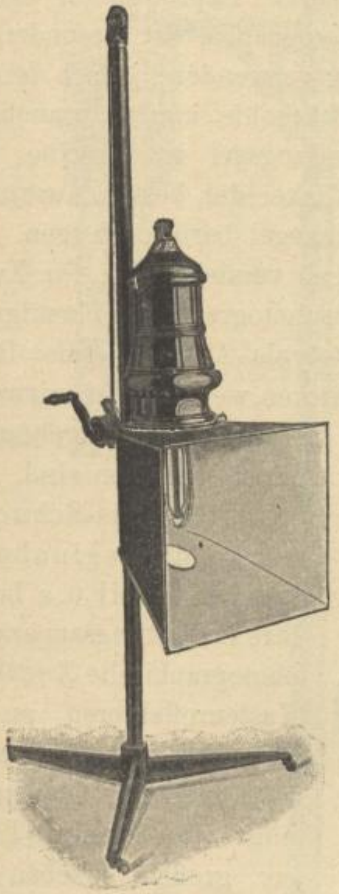


Fig. 230.
Reginalampe mit Reflektor.

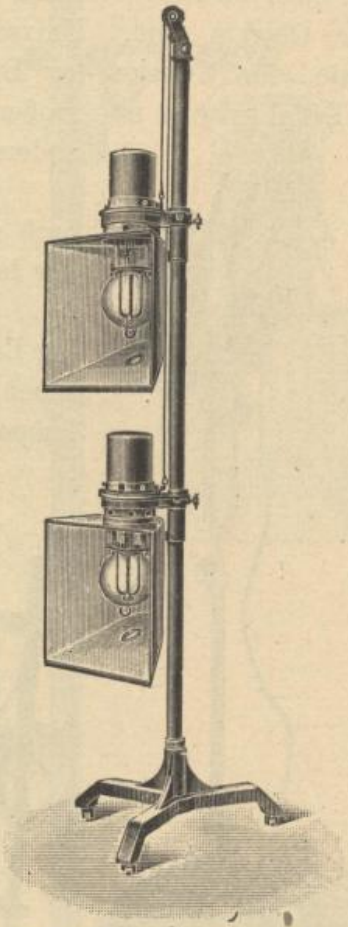


Fig. 231. Siemens-Schuckertlampen mit Kastenreflektor.

Reproduktionsanstalten, z. B. Autotypie- und Zinkographieanstalten, und Kunstanstalten können dieser Anforderung in der ungünstigen Jahreszeit nur mittels der Anwendung des elektrischen Lichtes nachkommen.

Die Einführung des elektrischen Bogenlichtes erfolgte zuerst in großen kartographischen Instituten. Es wurde in dem geographischen Institute von Lissabon seit 1876 eingeführt, im militärgeographischen Institute in Wien (1888), der Wiener Hof- und Staatsdruckerei, in Berlin, im photographischen Unterrichtsbetrieb an der k. k. Graphischen Lehr- und Versuchsanstalt in Wien (seit 1890) usw. und in fast allen photographischen Reproduktionsanstalten der Welt.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

In früherer Zeit wurde ausschließlich das gewöhnliche elektrische Kohlenbogenlicht mit ungefähr 2000 bis 3000 Kerzen Helligkeit angewandt.

In neuerer Zeit verwendet man für Reproduktionszwecke (monochrome Reproduktion von Schwarz-Weiß-Zeichnungen, Photographien usw.) die Hochspannungs-Dauerbrandlampen (s. S. 422), welche jedoch zufolge ihres bläulich-violetten Lichtes wenig geeignet zur Beleuchtung farbiger Objekte sind. Universell, auch für Reproduktion farbiger Originale, für Zwecke der Dreifarbenphotographie ist besonders die weiße Effektkohle mit großem Vorteil zu verwenden; jedoch ist auch andersfarbige Effektkohle hierfür brauchbar[1]).

Die Anwendungsart ist dieselbe. Man muß nur den Winkel der besten Ausnutzung der hellsten Lichtkegel berücksichtigen.

In der Regel versieht man für Zwecke der Reproduktionsphotographie in chemigraphischen oder Autotypie-Anstalten die Bogenlampen mit Reflektoren, welche innen mit weißem Anstrich oder eingebranntem Email versehen sind.

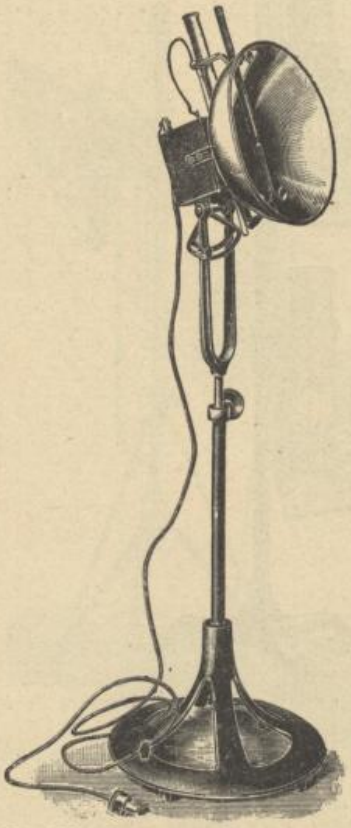


Fig. 232. Lampe von Penrose & Co.

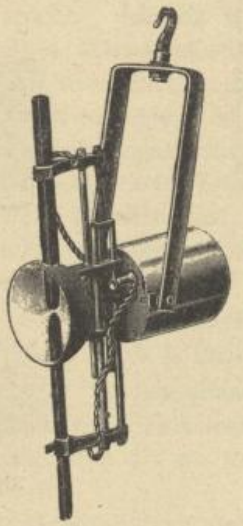


Fig. 233.

Die Siemens-Schuckertwerke, die Reginabogenlampenfabrik u. a. bringen ihre Belichtungsapparate für photographische Zwecke mit Kastenreflektoren an, wie Fig. 230 und 231 zeigen. Für kleinere Objekte genügt eine einzige Lampe; bei großen Flächen muß man aber mit je zwei Bogenlampen beiderseits (zusammen vier Lampen) arbeiten.

Fig. 233 zeigt eine solche Lampe auf Ständer und verstellbarem und neigbarem Beleuchtungskörper; Fig. 232 eine ähnliche Lampe zum Hängen eingerichtet, wie sie Penrose & Co. in London ca. 1902 in den Handel brachten. In vielen Fällen, z. B. bei Aufnahmen von Originalen mit glänzender, gekörnter Oberfläche, Ölgemälden usw. ist diese Drehung sehr vorteilhaft, da man den Lichtkegel in bestimmtem Winkel auf das Original fallen lassen kann (Eders Jahrb. f. Phot. 1903, S. 251).

1) Rote Effektkohle gibt auch viel blaue Strahlen; gelbes Effektkohlenlicht zeigt einen unangenehmen Mangel an Rot.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Praktisch sind die Vorrichtungen, auf welchen die Firma Falz & Werner in Leipzig ihre Reproduktions-Bogenlampen verschiedener

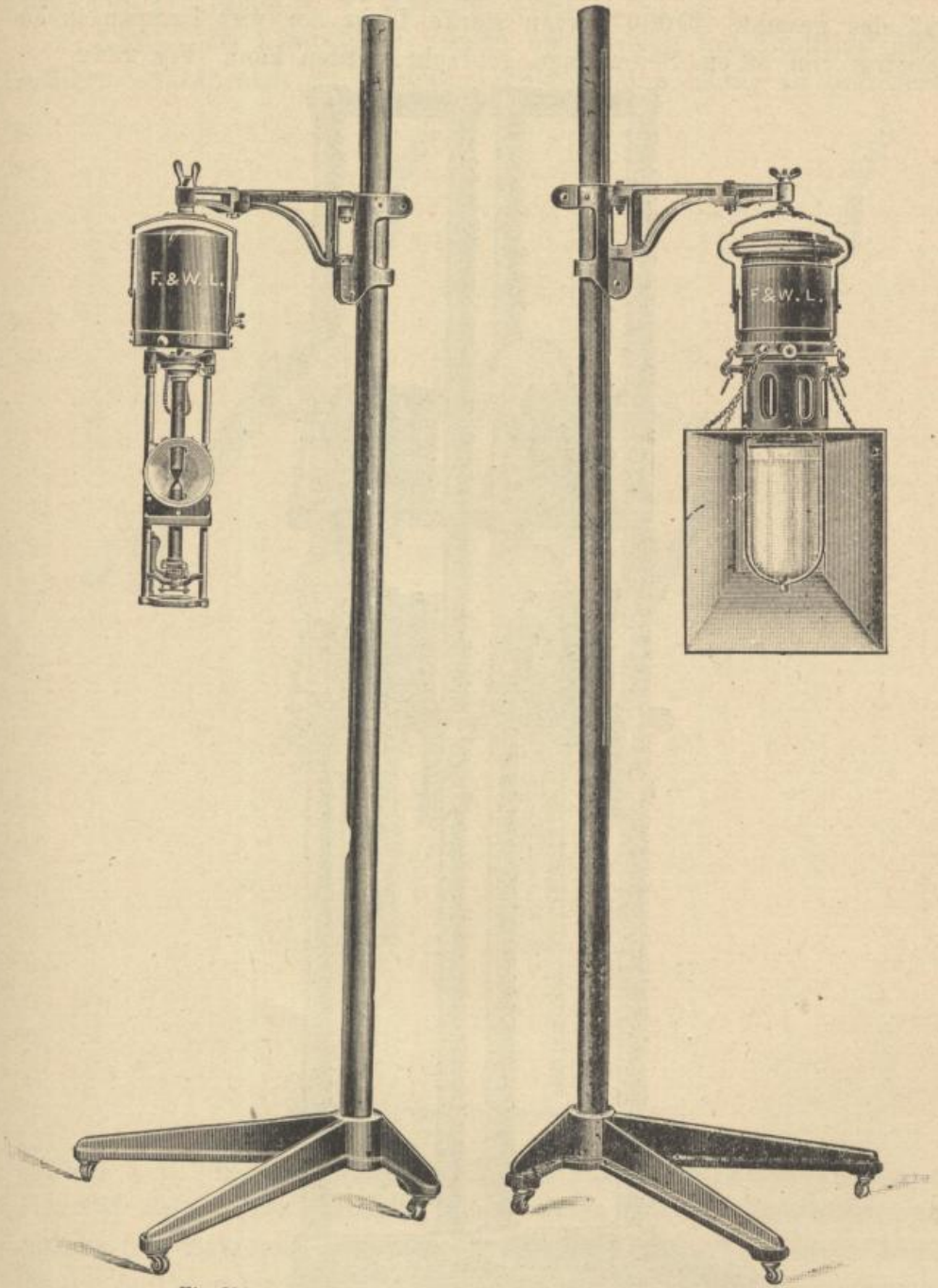


Fig. 234. Fig. 235.

Reproduktions-Bogenlampen.

Systeme angebracht hat (Fig. 234 und 235). Die Lampen werden durch Triebwerk hoch und tief verstellt, was bei den Stativen durch innerhalb der Röhren gleitende Gegengewichte sehr bequem ermöglicht ist

(Eders Jahrb. f. Phot. 1910, S. 348). Die neuen Scheinwerfer-Bogenlampen Falz & Werners sind auf zwei Stativen derart angeordnet, daß das gesamte 40000 Kerzen starke Licht der vier Lampen in ein Quadrat von 30 cm Seitenlänge gebracht werden kann (Fig. 236).

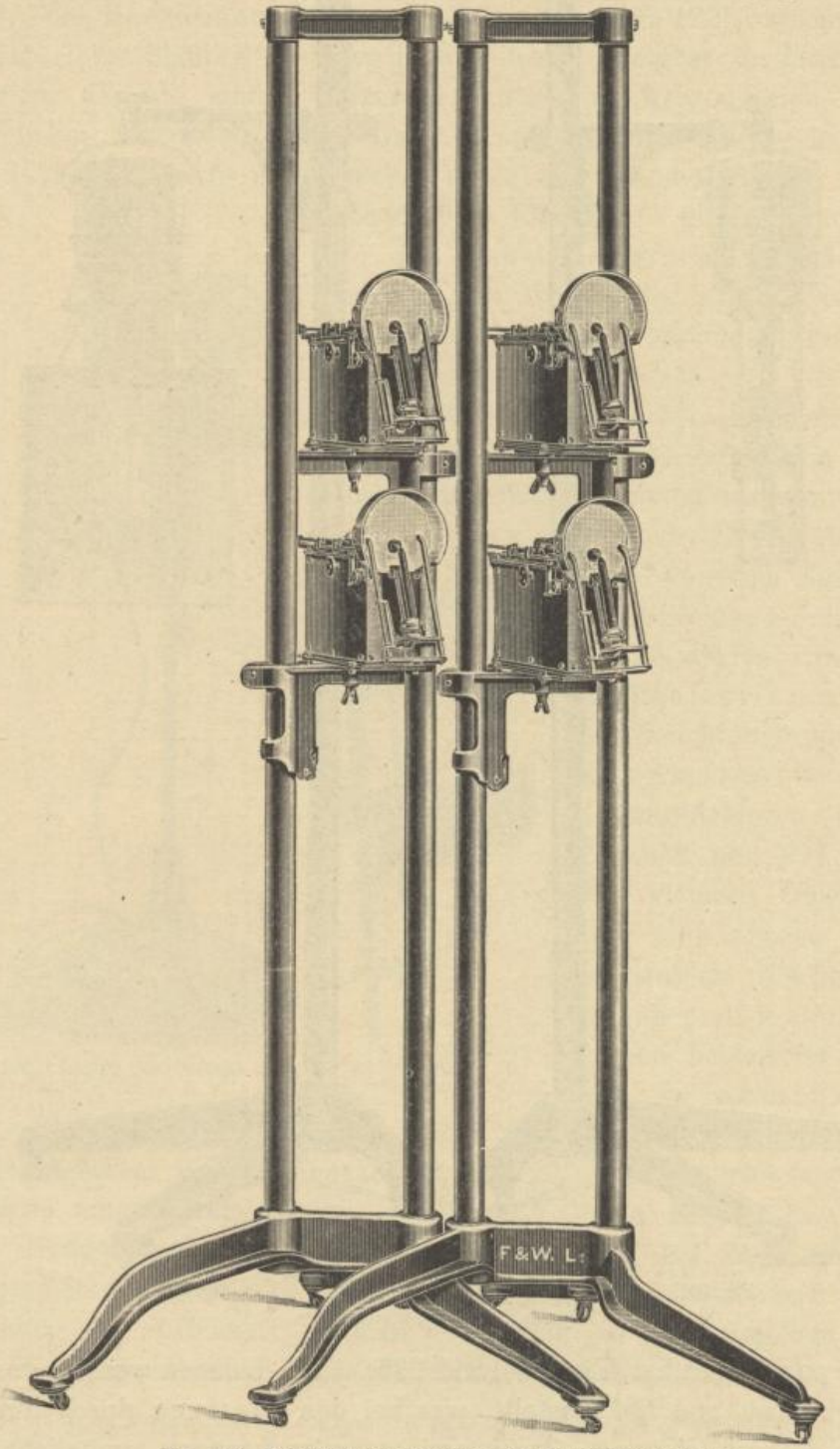


Fig. 236. Beleuchtungsvorrichtung für Reproduktionsateliers.

Eine besondere Konstruktion fahrbarer Lampenträger für Reproduktionsapparate ließen Falz & Werner in Leipzig patentieren (D. R. P. Klasse 57a, Gruppe 5, Nr. 232205; 1910).

Anstatt die Lampen zu zweien oder vieren auf Gestellen anzubringen, ordnet man sie in Reproduktionsateliers häufig an der Decke

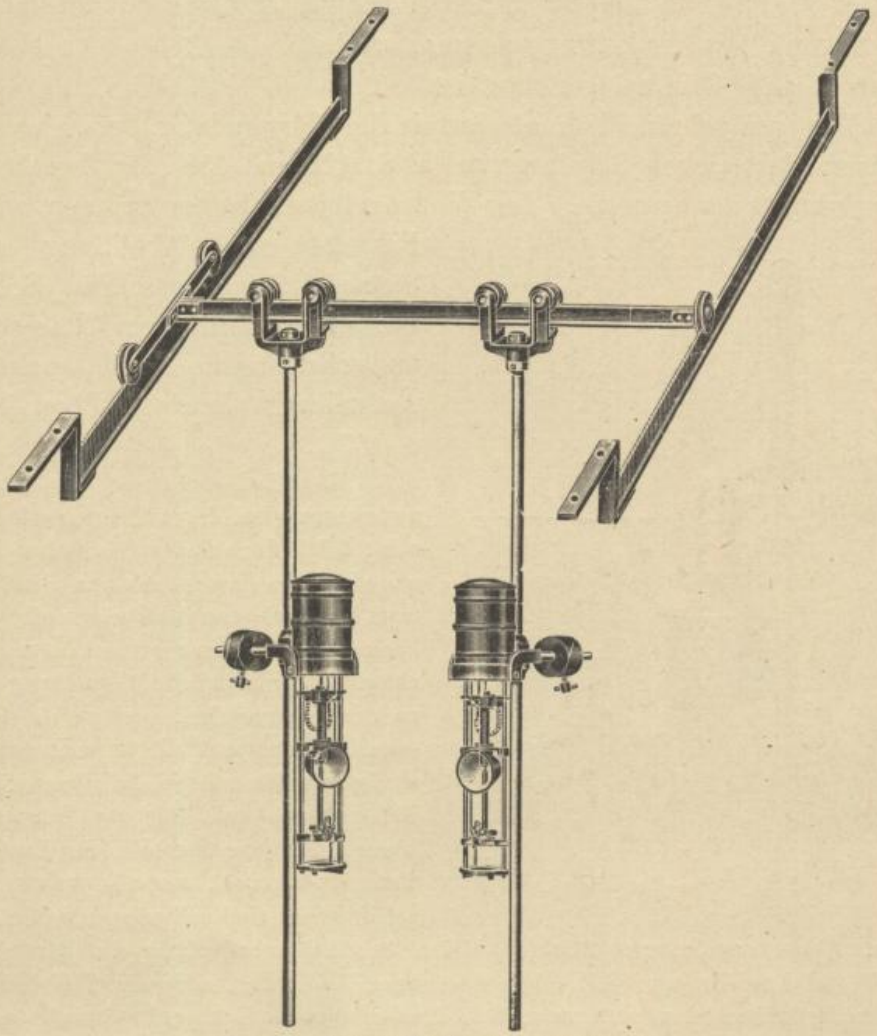


Fig. 237. Lampen für Reproduktionsateliers.

an, wie z. B. die Anordnung der K. Weinertschen Lampen (Berlin) in Fig. 237 zeigt. Die Lampen haben einen offenen Lichtbogen und emaillierte Reflektoren. Diese sind mitunter parabolisch, mitunter kugelförmig, mitunter kastenartig geformt. Auch andere Firmen verwenden eine ähnliche Anordnung, z. B. Penrose in London, Falz & Werner in Leipzig u. a.

Sehr beliebt ist die sehr aktinische und ökonomische Regina-Bogenlampe für Lichtpausen, chemigraphische Anstalten usw. mit

einem Reflektor von der in Fig. 238 abgebildeten Form montiert, ähnlich sind auch die Stralsunder Hochspannungslampen u. a. angeordnet.

Auch die Lampen mit eingeschlossenem Lichtbogen von Körting & Mathiesen in Leutzsch bei Leipzig sind ähnlich.

Fig. 239 zeigt die Einrichtung eines Reproduktionsateliers nach Falz & Werner in Leipzig mit zwei hängenden Reproduktionslampen und Kamera mit Umkehrungsprisma, weshalb die Achse der Kamera senkrecht zum Original gerichtet ist.

Weniger gebräuchlich ist derzeit die Verwendung der sehr kostspieligen elektrischen Scheinwerfer (s. S. 420 und 458) für Zwecke der Reproduktionsphotographie. Der Vollständigkeit halber bringen wir in Fig. 240 die Abbildung eines Siemens-Schuckertschen Scheinwerfers auf fahrbarem Untergestell und schematische Darstellung seiner Aufstellung (Jahrb. f. Phot. 1904, S. 107).

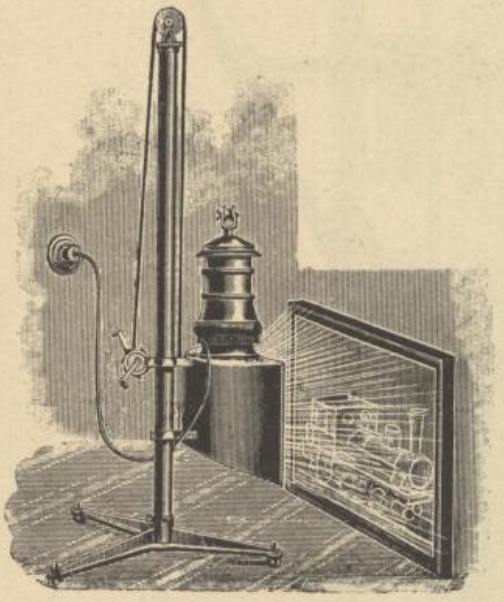


Fig. 238. Regina-Bogenlampe.

Die Beleuchtung der Strichzeichnung bei der Aufnahme soll derart sein, daß Reflexe in den glänzenden Zeichnungsstrichen ausgeschlossen sind und trotz der Rauheiten des Papiers ein glattes homogenes Planium resultiert. Am besten entspricht die künstliche Beleuchtung durch mehrere symmetrisch angebrachte elektrische Bogenlampen, die so weit seitwärts situiert werden müssen, daß die erwähnten Reflexe entfallen. Für die Beleuchtung können nur jene Strahlen der Lampe in Betracht kommen, deren Intensitäten ungefähr gleich sind und nahe dem Maximum liegen. Diese ausnutzbaren Strahlen bilden bei Kohlenbogenlicht ein Bündel von ca. 30 Grad Ausdehnung. Soll daher eine ganze Zeichnung, oder ein Teil derselben gleichmäßig beleuchtet werden, so muß die Entfernung des Lichtpunktes mindestens der doppelten Ausdehnung der zu beleuchtenden Fläche gleichkommen. Um den Beleuchtungseffekt bei Anwendung gewöhnlichen Kohlenbogenlichtes zu steigern, ist es zweckmäßig, die Achsen der Kohlen derart zu verstellen, daß der in der positiven Kohle entstehende leuchtende Krater an der dem Original zugewendeten Seite entsteht und die Lampen parallel mit dem Original um 45 Grad zu verdrehen, damit der lichtstarke ringförmige Raum in die Diagonale des Originals fällt. Eine mit 20 Ampère gespeiste Bogenlampe beleuchtet eine ein Meter entfernte Fläche mit derselben Intensität, wie sie einem guten Tageslichte zukommt. Das k. k. militär-geogr. Institut benutzt für die Beleuchtung des Originals vier derartige Lampen, welche auf ein Meter Entfernung eine Fläche von einem Meter Länge und Breite mit einer dem zerstreuten Tageslicht gleichen Intensität erhellen, wobei jede Lampe eigentlich nur den vierten Teil der Fläche beleuchtet. Größere Originale beleuchtet man aus größeren Entfernungen, die

Beleuchtungsintensität nimmt dann zwar sehr bedeutend ab, da man es aber in diesem Falle stets mit Reduktionen zu tun hat, so ist dieser Umstand ohne Bedeutung[1]).

Eine gute Einrichtung in dieser Art ist jene, welche Freiherr von Hübl im militär-geographischen Institute in Wien getroffen hat und welche hier, als typisch, ausführlicher beschrieben wird[2]).

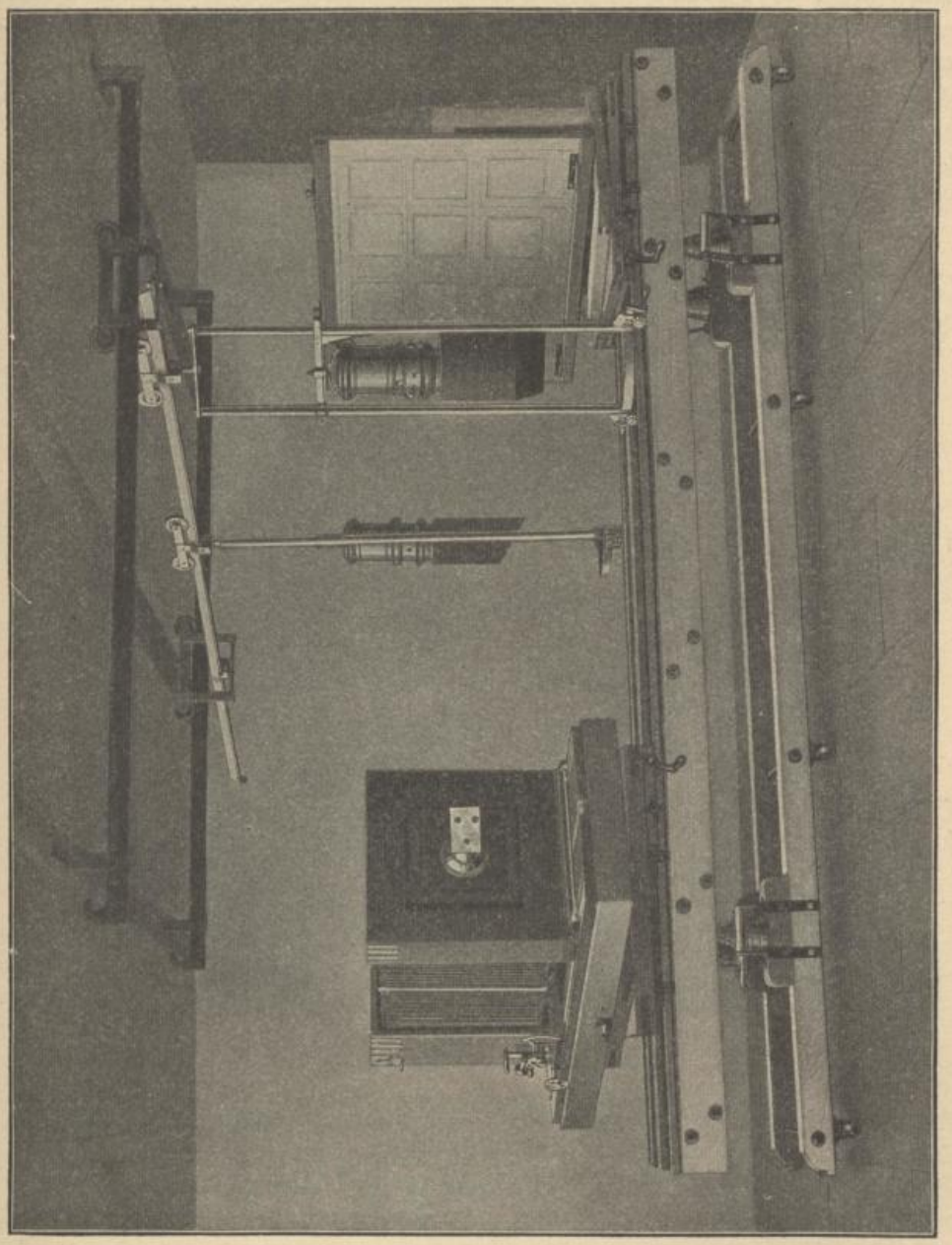


Fig. 239. Reproduktionsatelier nach Falz & Werner.

Das k. k. militär-geographische Institut hat zu Ende des Jahres 1888 das elektrische Licht für die Photographie installiert, so daß gegenwärtig alle Repro-

1) Freiherr von Hübl, Eders Jahrb. f. Phot. 1890, S. 222.

2) Freiherr von Hübl, Eders Jahrb. f. Phot. 1890, S. 223; Mitteilungen des k. k. militär-geogr. Institutes, IX. Bd., 1889.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

duktionen ausschließlich mit elektrischem Lichte hergestellt werden; dieselben erfolgen überdies auch ohne Verwendung einer Kamera.

Fig. 241 zeigt im Längen- und Querschnitt die Anordnung der betreffenden Lokale.

Durch den elektrischen Gleichstrom werden im Belichtungszimmer B des Originals vier an einem eisernen fahrbaren Rahmengestelle R angebrachte Bogenlampen $L\,L$ gespeist, wobei jede Lampe 3000 Kerzen Lichtstärke liefert, und das Original mit einer Intensität von ca. 6000 Meterkerzen beleuchtet. Die Lampen hängen zu zweien übereinander bei L und L' und haben die oberen Lampen die positiven Pole oben geschaltet, die negativen aber unten, wodurch das Licht der oberen Lampen mehr nach

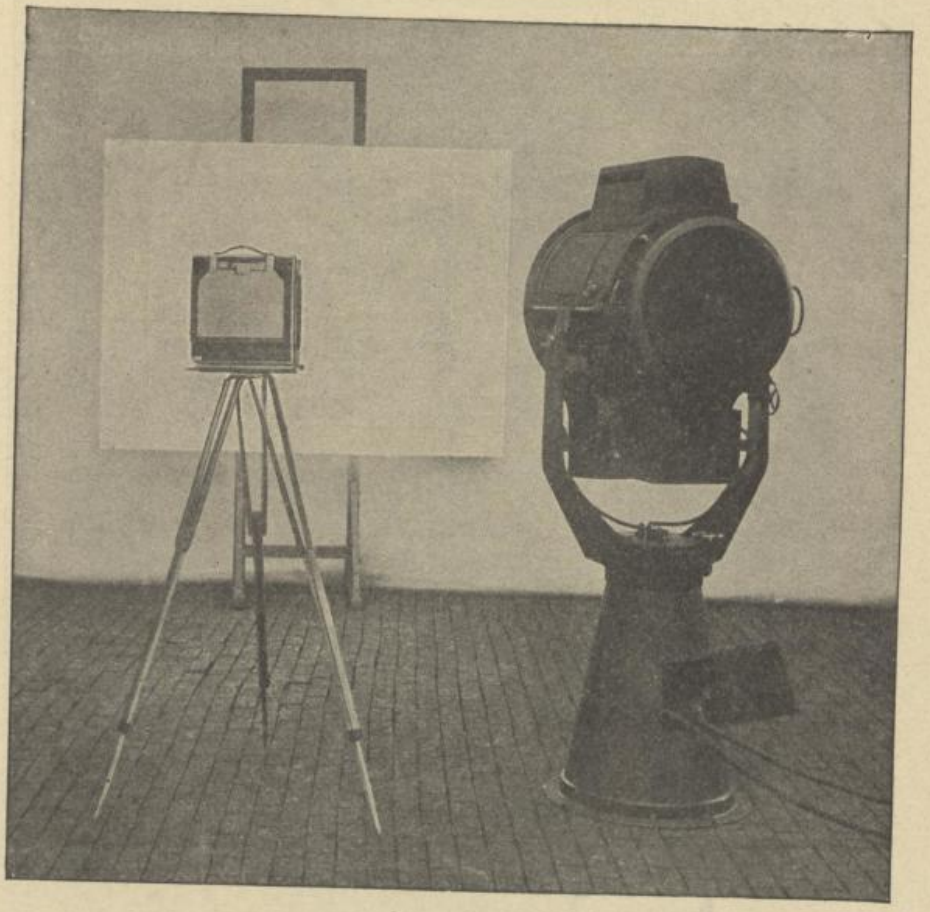


Fig. 240. Scheinwerfer von Siemens-Schuckert.

unten gerichtet, jenes der unteren Lampen aber mehr nach oben geleitet ist, somit das gesamte, von den vier Lampen ausgehende Licht das Original trifft und gleichmäßig beleuchtet. Je zwei Lampen sind miteinander parallel geschaltet. An der Wand bei W ist ein Vorschaltwiderstand und zwei Ampèremeter in die Leitungen geschaltet, um die Stromstärke zu regulieren.

Fig. 242 und 243 zeigen die Gestalt dieses Rahmens. Die vier Bogenlampen B sind ca. 45 Grad gegen die Horizontale geneigt und die Achsen der Kohlen sind, wie erwähnt, gegeneinander verstellt. — Bei Verwendung von anderen modernen elektrischen Bogenlampen ist die Stellung der Lampen sinngemäß entsprechend dem Winkel der maximalen Lichtausstrahlung zu wählen.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Der das Original tragende Tisch T ruht mit Rollen auf einer eisernen Schienenbahn $a\,a$, und läßt sich dem Objektiv nähern oder davon entfernen. Der Tisch selbst hat mechanische Vorrichtungen in Form von Schrauben und Drehachsen, um damit das Original zu heben, zu senken, nach links und rechts um eine vertikale Drehachse, nach oben und unten um eine horizontale Drehachse zu bewegen und zu verstellen, um das Originalbild mit seiner Mitte in die optische Achse des photographischen Objektives und parallel zur Einstellplatte im Aufnahmezimmer zu bringen.

In der Wand bei O, welche den Lichtraum vom Aufnahmeraum trennt, befindet sich die Öffnung für das an der Seite des Lichtraumes fest angemachte Objektiv.

Im Aufnahmeraum A, welcher beim Hantieren des Einstelltisches mit Glühlicht entsprechend beleuchtet wird, läuft auf einer Schienenbahn $c\,c$ der Einstelltisch E für die lichtempfindliche Platte. Er läßt in analoger Weise, wie dies beim Original-

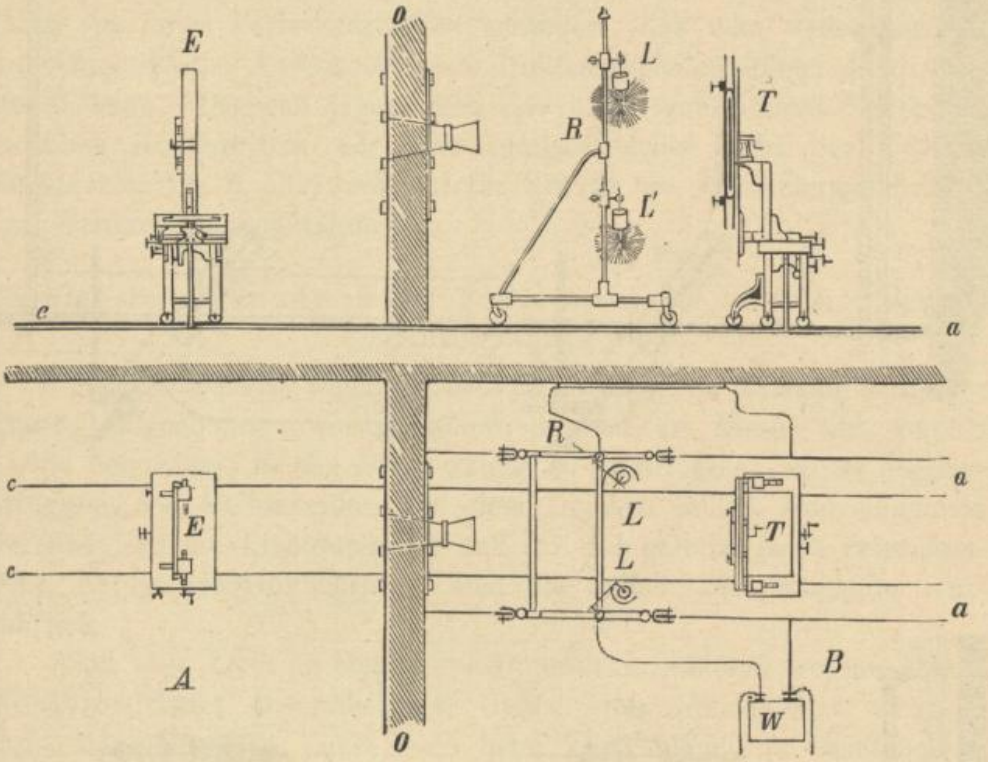


Fig. 241. Installation im k. k. militär-geographischen Institut zu Wien.

Tragtisch erörtert wurde, die Bewegung nach allen Richtungen zu, wodurch das Einstellen des Lichtbildes auf eine bestimmte Dimension in verhältnismäßig sehr kurzer Zeit ohne viele Schwierigkeiten vor sich geht. In sinnreicher Art wird dann an Stelle der Einstellscheibe die lichtempfindliche Platte gesetzt, die Glühlampe abgestellt, das Objektiv geöffnet und die Exposition gemacht. Je nach dem Charakter des Originals, dann ob verjüngt, in gleicher Größe oder mit Vergrößerung gearbeitet wird, schwankt die Expositionsdauer auf nassen Kollodiumplatten zwischen 2 und 8 Minuten.

Da aber für jede Größe des Originals mit Rücksicht auf das Verhältnis der Größe der Aufnahme zur Reproduktion im Lichtraume das Original auf ganz bestimmte theoretisch-praktisch ermittelte Distanz zum Objektivapparat gestellt wird, so hat der Einstelltisch im Aufnahmeraume auch schon eine voraus bestimmte Entfernung von der Wand des Lokales, aus deren Öffnung die Lichtstrahlen kommen, daher handelt

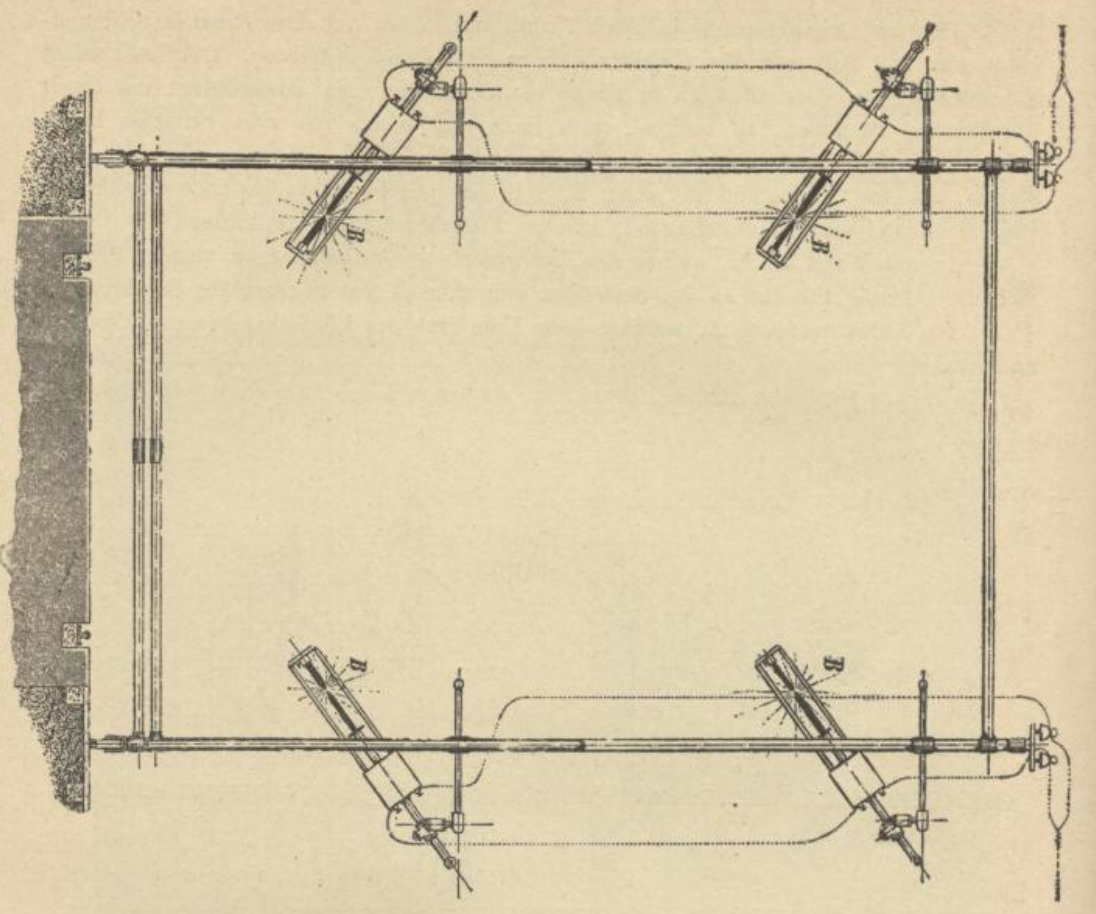


Fig. 242. Elektrische Bogenlampen für Reproduktionsphotographie.

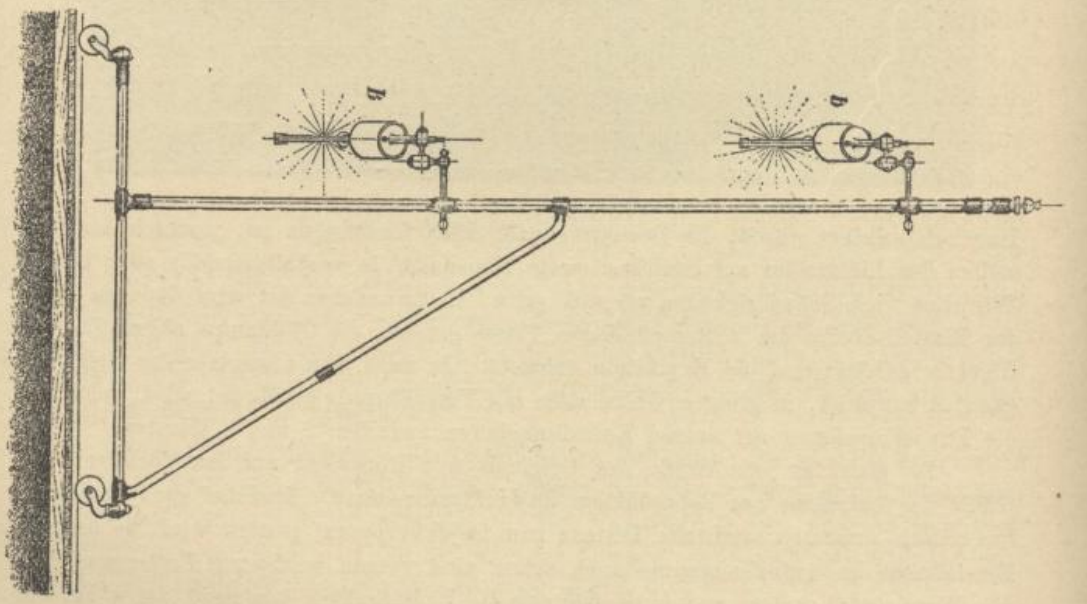


Fig. 243.

es sich dann nur noch darum, die feine Einstellung zu geben, was ganz wenig Zeit in Anspruch nimmt, und damit ist, wie gesagt, die Arbeit des Einstellens verhältnismäßig sehr kurz[1]).

Einfluß der Art des elektrischen Bogenlichtes auf die Reproduktion farbiger Objekte.

Für die photographische Aufnahme von Originalen in Schwarz-Weiß, z. B. Zeichnungen, Photographien usw., ja sogar von lebenden Personen, ist die sehr aktinische, violettliches Licht aussendende Hochspannungslampe (Reginalampe usw.) im allgemeinen vorzüglich verwendbar. Farbige Objekte (Gemälde) werden aber im fahlen violetten Lichte in ihren Farbenwerten so verändert, daß man weder korrekte orthochromatische Aufnahmen noch Dreifarbenphotographien damit herstellen kann. Dagegen eignet sich das weiße gewöhnliche Bogenlicht zwischen Kohlenstiften oder das grellere weiße Licht der „weißen Effektkohlen“ (s. S. 422) sehr gut für Zwecke der Gemäldereproduktion und Dreifarbenphotographie.

Farbige Beleuchtung in der Reproduktions- und Dreifarbenphotographie.

Farbige Objekte, welche farbentonrichtig mittels orthochromatischer Platten aufgenommen werden sollen, werden am besten mit weißem Lichte beleuchtet; ist die Blauwirkung zu aufdringlich, so ist die Anbringung von Gelbscheiben vor dem Objektiv üblich und allgemein bekannt. Ist die Lichtquelle an und für sich gelblich (z. B. Petroleumlicht, Kohlenfadenglühlicht), so sind die gelben Dämpfungsfilter entbehrlich.

Soll aber Licht im blauen Spektralbezirke gedämpft werden, damit die Blauwirkung gegenüber der Gelbwirkung herabgesetzt wird, so kann man denselben Effekt, wie beim Vorschalten von Gelbscheiben vor dem Objektiv, auch durch Vorschalten von gelben Gläsern unmittelbar vor die elektrische Bogenlampe erzielen; es wird in diesem Falle das ganze farbige Original mit gelblich nuanciertem Licht beleuchtet und dann wird die Anbringung einer Gelbscheibe vor dem Objektiv überflüssig.

In ähnlicher Weise ist es möglich, durch farbige Beleuchtung bunter Objekte gewisse photographische Effekte zu erzielen, da z. B. blaugefärbte Objekte beim Beleuchten mit komplementär gefärbtem gelben Lichte (welchem Blau fehlt) viel deutlicher (dunkel) sich abheben als bei weißem Lichte. Hiervon macht man bei der Mikrophotographie gefärbter

1) Vgl. Volkmer, Phot. Korresp. 1889, S. 416.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Objekte (Bazillen, Dünnschnitten usw.) vielfach Gebrauch. Bei der Photographie von blaßrötlichen Pigmenten auf weißem Untergrunde treten die rotgefärbten Stellen viel deutlicher (dunkel) auf der Photographie hervor, wenn man das Objekt mit dem fahlen grünlichblauen Licht der Quecksilberdampflampe beleuchtet, welchem die roten Strahlen fast ganz fehlen. Zinnober erscheint bei Quecksilberlicht fast ganz schwarz. Auf diese Weise lassen sich farbige Flecken, Striche, Teile einer Zeichnung bei der photographischen Aufnahme teils tilgen, teils besonders hervorheben, je nach selektiver Emission farbiger Lichtstrahlen der zur Beleuchtung dienenden Lichtquelle.

Auch für Zwecke der Dreifarbenphotographie hat man Versuche mit farbiger Beleuchtung des zu reproduzierenden Objektes gemacht (Gamble[1]) und das in drei Farben zu reproduzierende Original mit einem den Filtern korrespondierenden, farbigen Lichte beleuchtet.

Wenn man imstande ist, während der roten Filterplattenaufnahme z. B. rotes Licht zu verwenden, während der grünen grünes Licht und schließlich violettes Licht für die dritte Aufnahme, wären die Bedingungen hiermit geschaffen.

In dem ersten Falle ist dies mit Hilfe einer orangeroten Flammenkohle ermöglicht, womit eine Abkürzung der Expositionszeiten um 50 Prozent möglich ist gegenüber der Anwendung der offenen oder geschlossenen Bogenlampe und gewöhnlichen Kohlen. Auch das violette Licht, das für die violette Filteraufnahme wünschenswert, ist in den geschlossenen Bogenlampen und gewöhnlichen Kohlen geboten.

Die grüne Filteraufnahme kann mit weißer Effektkohle mit Einschaltung grüner Gläser erfolgen usw.

Wenn auch diese Art der Verwendung farbigen Lichtes in der Reproduktionsphotographie noch wenig Verwendung gefunden hat, so verdient sie doch Beachtung. (Über Verwendung farbigen Lichtes in der Porträtphotographie s. S. 449.)

IV. Elektrisches Bogenlicht zum Kopieren und Vergrößern.

Anwendung des elektrischen Lichtes zum Kopieren.

Wegen seiner Wirksamkeit kann elektrisches Licht auch zum Kopieren auf Chlorsilberpapier, Chromatgelatine und ähnlichen Präparaten benutzt werden (vgl. auch S. 433).

Woodbury wendete 1866 zuerst das ohne Batterie mittels eines elektromagnetischen Apparates erzeugte elektrische Licht zur Erzeugung seiner Photorelief-

1) W. Gamble, Eders Jahrb. f. Phot. 1906, S. 160.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

matrizen an[1]). Er beobachtete, daß das elektrische Licht härtere Kopien als das Sonnenlicht gab und daß er länger als in der Sonne exponieren mußte[2]).

Dujardin in Paris stellte mittels des elektrischen Lichtes die Chromatgelatineplatten her, welche er zur Herstellung der Druckplatten für die Photogravure und Zinkographie braucht: die Chromatgelatine wird zu diesem Zwecke unter einem Negativ nur 20 bis 40 Minuten belichtet[3]).

Nach Rodriguez machte man im Geographischen Institut in Portugal von dem elektrischen Lichte einer Grammeschen Dynamomaschine einen noch ausgedehnteren Gebrauch. Das elektrische Licht von 2000 Kerzen Helligkeit diente nicht nur für die Belichtung der mit Chromatgelatine überzogenen Papiere und Platten, sondern auch für Asphaltschichten, sowie zur Erhellung der Pläne und Karten usw., welche mit der Kamera (nasser Negativprozeß) aufgenommen werden sollen. Demgemäß können photolithographische Umdruckpapiere und Heliographien auf Kupfer und Zink bei elektrischem Licht hergestellt werden[4]).

Garnier exponierte seine Zuckerchromatplatten für Heliogravure unter einem Diapositive dem elektrischen Lichte 3 Minuten, während er in der Sonne 1 Minute brauchte[5]).

Meisenbach in München benutzte seit 1882 zum Kopieren seiner Autotypplatten das elektrische Bogenlicht. Die Exposition betrug bei einer Helligkeit von ca. 1200 Kerzen ungefähr 5—5½ Stunden, während er in der Sonne ungefähr zwei Stunden belichtete (Phot. Korresp. 1883, S. 328). J. Löwy in Wien versuchte 1883 das Kopieren von Lichtdruckplatten und mußte bei einem Bogenlichte von ungefähr 3000 Kerzen beiläufig 15 Minuten exponieren.

Das elektrische Licht wirkt bekanntlich auch auf Papier vergilbend und auf Farbstoffe bleichend ein. Miller stellte in München 1882 Versuche mit einer Beleuchtungsdauer von 200—300 Stunden an; auf alle Farbstoffe wirkte das Sonnenlicht kräftiger als das elektrische Licht, jedoch bleichte auch das letztere viele Farbstoffe, namentlich Anilinfarben (Phot. Korresp. 1883, S. 328). Prof. Perger am technologischen Gewerbemuseum prüft die Lichtechtheit der Farben durch Aussetzen an ein sehr starkes, durch Brenngläser konzentriertes Bogenlicht (Bericht des technolog. Gewerbemuseums in Wien 1890).

Für Kopierzwecke mit elektrischem Licht kommt namentlich das weiße Effektkohlenlicht, die Hochspannungsdauerbrandlampe und das Quecksilberlicht (s. o.) in Betracht.

In früherer Zeit verwendete man mitunter gewaltige gewöhnliche Kohlenbogenlampen, die mit 100 Ampère gespeist waren und mittels „Scheinwerfern“ (s. S. 420) das Licht konzentrierten. Da diese Einrichtungen kostspielig sind, so bediente man sich im k. k. militär-geographischen Institut in Wien des in Fig. 244 abgebildeten innen weiß

---

1) Phot. Archiv 1866, S. 227.

2) Ibid. 1868, S. 49.

3) Diese Daten wurden auch von Regierungsrat Volkmer in seiner Abhandlung (Phot. Korresp. 1889, S. 419) benutzt.

4) Rodriguez, La section photographique de la direction générale des travaux geographiques du Portugal 1877, S. 20.

5) Phot. Mitt. 1882, Bd. 18, S. 242.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

gestrichenen Blechreflektors, dessen Dimensionen in der Figur angegeben sind.

Die Lampe liefert bei 1 m Entfernung von dem Bogenlichte ein homogenes Lichtfeld von 1,2 m Durchmesser[1]).

Große Kopierrahmen erfordern zwei Lampen, deren Aufstellung nach den Siemens-Schuckert-Werken für Flachrahmen von 1,6 m Länge mit eingezeichneten Maßen der Abstände Fig. 245, für Flachrahmen von 2 m Länge Fig. 246 zeigt.

Das frei einfallende Licht der elektrischen Bogenlampen wird durch das Glas der Kopierrahmen stark geschwächt, weil eben das Glas einen großen Teil des Ultraviolett absorbiert; grünliches Glas

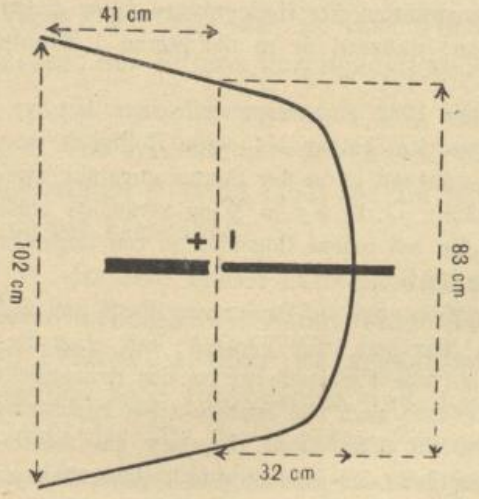


Fig. 244.

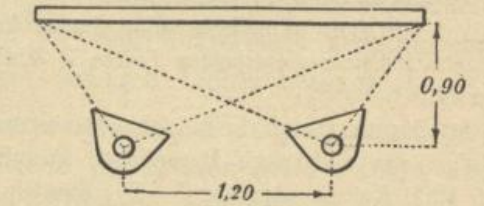


Fig. 245.

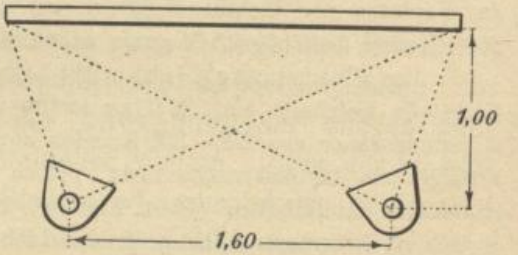


Fig. 246.

Lampen mit Blechreflektoren.

schwächt sogar das Violett merklich. Deshalb gehen ca. 50 % der bei Chlorsilberpapier wirksamen Strahlen im Glase der Kopierrahmen verloren.

Ökonomisch sind Effektkohlenlampen, welche oberhalb des Kopiertisches aufgehängt sind.

Zwei frei brennende Effektbogenlampen mit großen weißen Reflektorschirmen sind selbst für große Kopierrahmen gut geeignet, sowohl für Chromat-, als Silber- oder Eisen- resp. Gummidruck-, Platinpapiere usw.

Besondere Erwähnung verdienen die Hochspannungslampen mit langen Lichtbogen, deren Reichtum an blauvioletten Strahlen dieses Licht sehr aktinisch macht (s. S. 446).

Sehr viel Verbreitung haben die gut ökonomischen und stark aktinischen Hochspannungslampen für alle Arten von photographischen

1) Arthur Freiherr von Hübl, Das Kopieren bei elektrischem Licht, Halle a. S. 1908, S. 24.

Kopierungen gefunden. Fig. 247 zeigt die Anwendung der Regina-Kopierlampe (Regina-Bogenlampenfabrik, Köln-Sülz). Diese Dauerbrandlampe hat 200—250 Stunden Brenndauer bei einem Stromverbrauch von 4 Ampère bei 220 Volt, erfordert deshalb bei auffallend starker Wirksamkeit geringere Betriebskosten als gewöhnliche elektrische Bogenlampen. Z. B. erfordert die Herstellung einer Lichtpause 10 Minuten Kopierzeit mit etwa 60 Pf. Kosten. Die Regina-Bogenkopierlampe steht in Lichtpausereien, photographischen Anstalten usw. viel in Verwendung; im k. k. militär-geographischen Institut in Wien wird dieselbe für alle Kopierarbeiten bei künstlichem Licht fast ausschließlich verwendet.

Fig. 247.

Ähnlich wie die Reginalampen verhalten sich die Sonja-, die Janduslampen usw. — Die Reginalampe wirft ihre leuchtenden Strahlen schräg nach abwärts, zeigt aber eine sehr aktinische Strahlung des blauvioletten Flammenbogens in der horizontalen Richtung. Es kann ein Strahlenkegel von 40—60° ausgenutzt werden. Das Glas der Kopierrahmen erhöht die Kopierzeit bei Reginalampen oder dergl. um nur 10 %, weil offenbar die vom Glas absorbierbaren Strahlen größtenteils schon vom Lampenzylinder zurückgehalten werden.

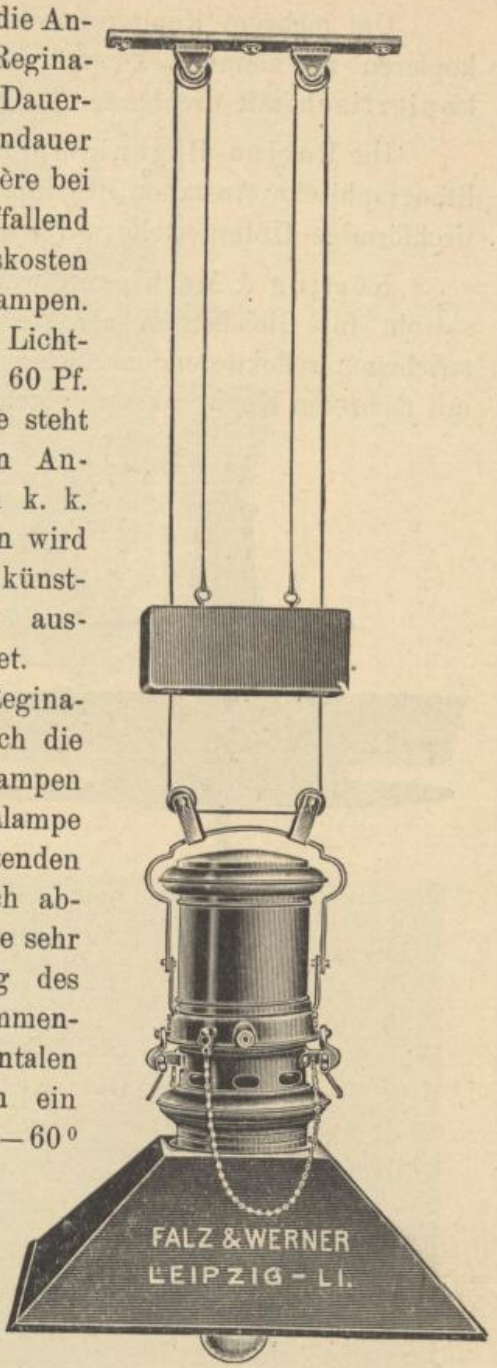


Fig. 248.

Falz & Werner in Leipzig ordnen die Hochspannungsdauerbrandlampe in einer Hängevorrichtung mit weiß gestrichenem Reflektor, wie Fig. 248 zeigt, an.

Um mehrere Kopierrahmen beim Lichte einer Lampe gleichzeitig kopieren zu können, kommt der in Fig. 249 abgebildete Reginakopiertisch mit drehbarem Tisch in Verwendung.

Die Regina-Bogenlampenfabrik in Köln-Sülz bringt für photolithographische Anstalten, Lichtpausereien usw. große Reflektoren und tischförmige Untergestelle an, wie Fig. 250 zeigt.

Körting & Mathiesen wenden Hochspannungsdauerbrandlampen sowohl für Gleichstrom als Wechselstrom in einem, innen weiß gestrichenen reflektierenden Kasten an, an dessen Vorderwand ein Gestell mit mehreren Kopierrahmen geschoben werden kann, wie Fig. 251 zeigt.

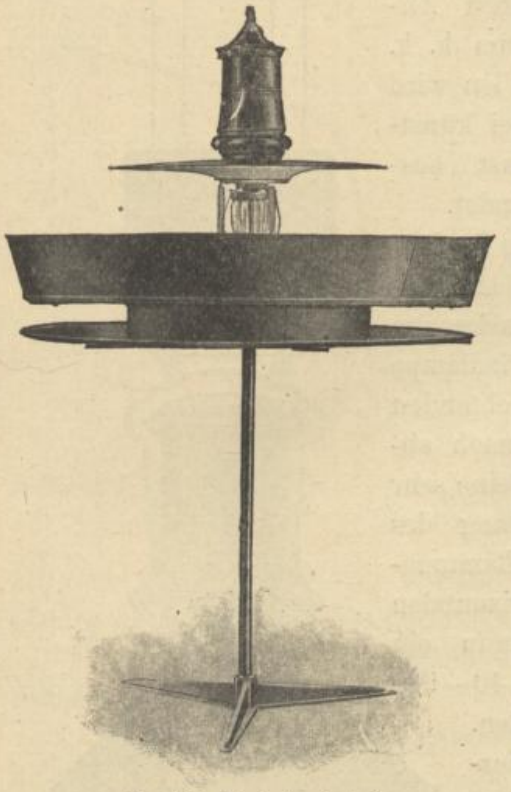


Fig. 249. Reginakopiertisch, komplett mit Ablegerahmen für die Photographien, mit drehbarem Tisch.

Eine andere, in Amerika gebräuchliche Kopiervorrichtung für Hochspannungslampen zeigt die Fig. 252; man kann um die in einen Kasten eingeschlossene Lampe sechs Kopierrahmen ringförmig anordnen und so das Licht gut ausnutzen (Wilson, Phot. Magaz. 1903, S. 421. Eders Jahrb. f. Phot. 1904, S. 323).

Selbstverständlich lassen sich Porträt- und Kopierlampen kombinieren. Beispielsweise erzeugt die Boardman Electrical Patent Comp. in London (Brit. Journ. Phot. 1907, S. 50) eine kombinierte Porträt- und Kopierlampe (Fig. 253 und 254). Fig. 253 zeigt die elektrische Bogenlampe, welche gegen das Modell zu einen Schirm trägt; ein Reflektor aus weißem Stoff macht das Licht diffus. Fig. 254 stellt die Anordnung zum Kopieren vor; die Lampe trägt eine ringförmig angeordnete Serie von Kopierrahmen, welche rings um die Lampe aufgehängt werden (Eders Jahrb. 1907, S. 334).

Man benutzt auch für Kopierzwecke das diffuse und indirekte Bogenlicht von zwei, drei oder mehreren Bogenlichtern (wie sie auf S. 451 für Aufnahmezwecke erwähnt wurden). Z. B. gibt eine Dreibogenlampe unter diesen Umständen gute Platin- und Silberdrucke, ähnlich wie sie im Tageslicht erhalten werden (Brit. Journ. Phot 1910, S. 860 mit Figur).

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

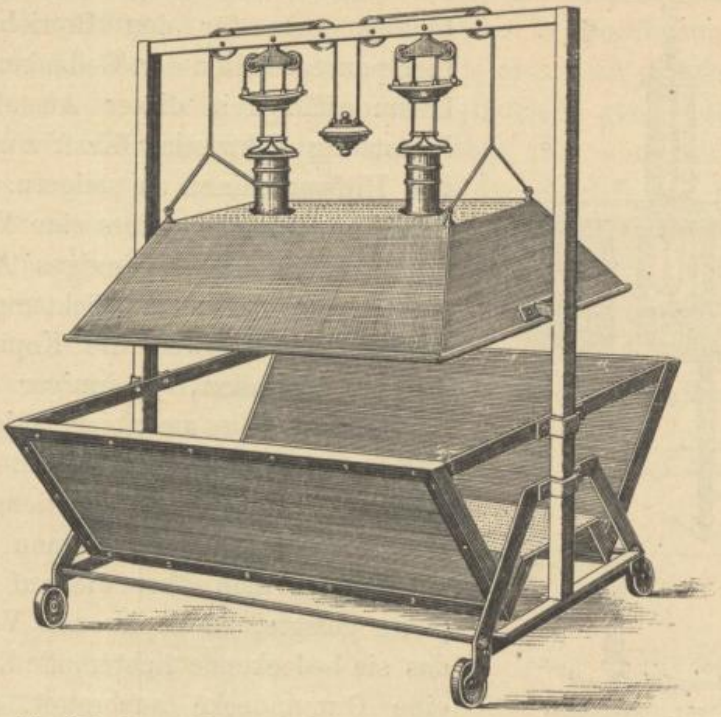


Fig. 250. Pausreflektor mit Untergestell für lithographische Anstalten.

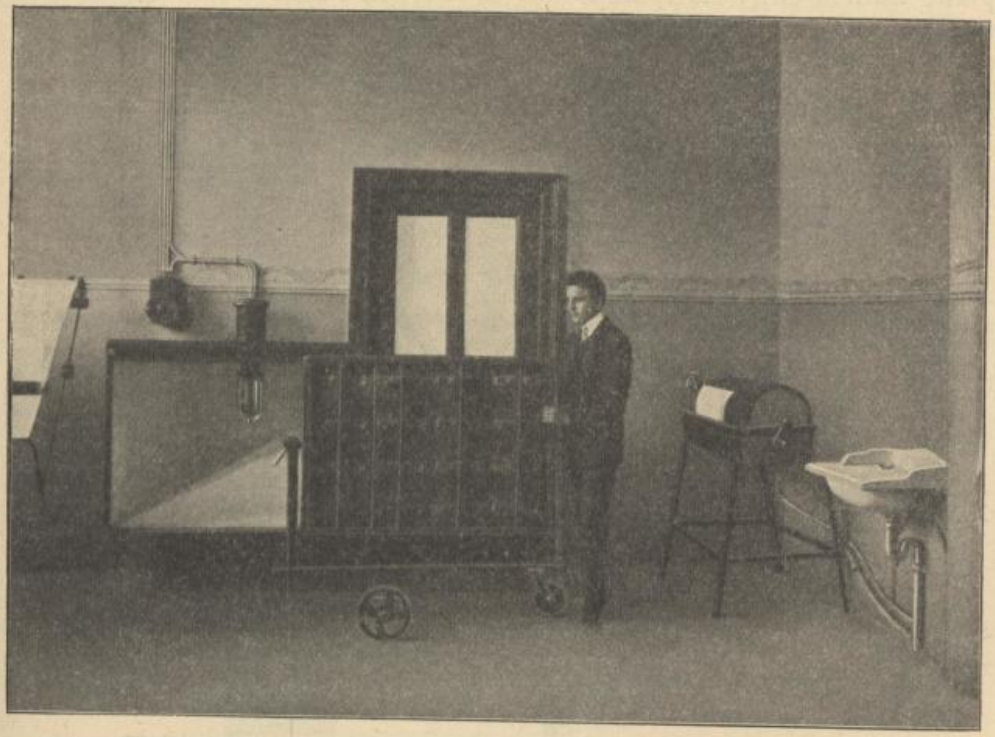


Fig. 251. Lichtpauserei in einem Zeichensaale nach Körting & Mathiesen.

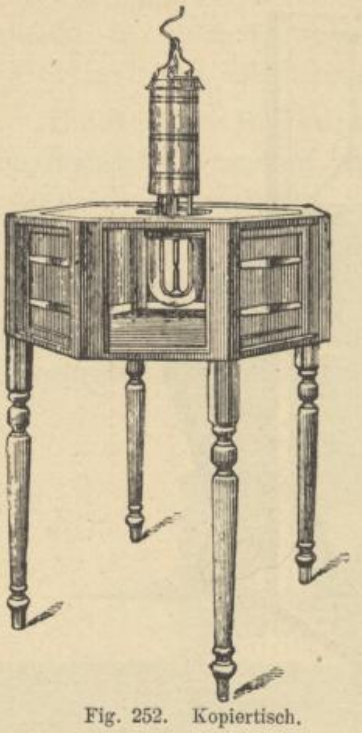
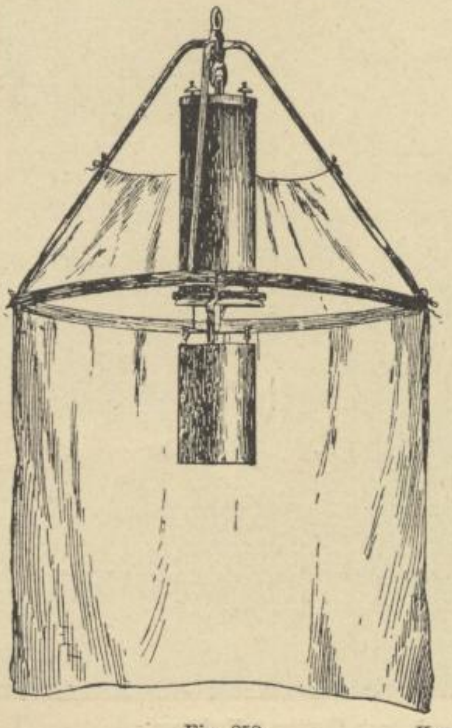


Fig. 252. Kopiertisch.

Die Verwendung des elektrischen Lichtes legte für den Betrieb größerer Lichtpauseanstalten den Gedanken nahe, die Leistungsfähigkeit dieser Anstalten durch Benutzung elektrischer Kraft zum Antriebe von Hilfsmaschinen zu steigern. In dieser Beziehung kam besonders eine Vorrichtung in Betracht, die ein inniges Aneinanderpressen von Pause und lichtempfindlichem Papier bewirkt, weil die Kopien um so schärfer ausfallen, je inniger sich beide berühren. Da dies am gleichmäßigsten durch Luftdruck erreichbar ist, so hatte die Firma Siemens & Halske, Aktiengesellschaft, hierzu einen Lichtpauserahmen hergestellt, in welchem man über die auf eine Glasplatte gelegte, zu kopierende Vorlage und das sie bedeckende lichtempfindliche Papier eine Gummidecke ausbreitet, die mittels Randleisten luftdicht gegen die Glasplatte gepreßt wird. Saugt man nun die Luft zwischen Gummidecke und Glasplatte mittels einer Luftpumpe ab, so werden Pause und Vorlage durch



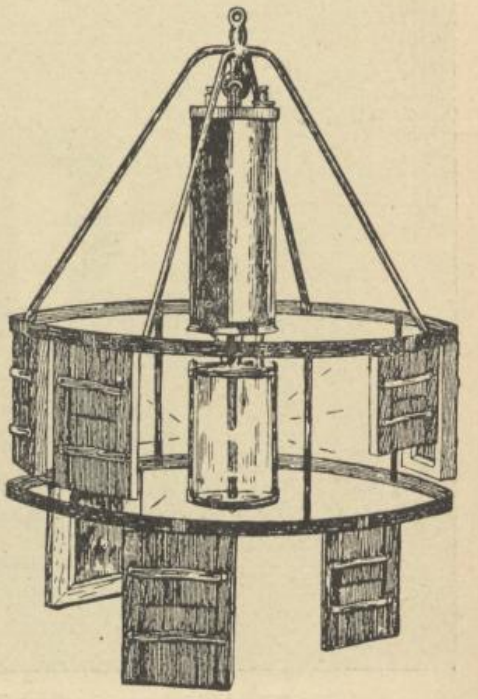


Fig. 253. Kopierlampen. Fig. 254.

einen Luftdruck von 8000 bis 9000 kg auf den Quadratmeter in der denkbar gleichmäßigsten und innigsten Weise in Berührung gebracht, wobei jedoch die Glasplatte gar nicht belastet, also auch nicht der Gefahr des Zerspringens ausgesetzt ist. Für kleine Betriebe genügt eine Handluftpumpe zum Absaugen der Luft, wenn aber vier oder mehr Rahmen in Tätigkeit kommen, dann empfiehlt sich der Betrieb der Luftpumpe mittels eines kleinen Elektromotors, dessen Aufstellung und Einfügung in die Lichtpauseanlage die Fig. 255 veranschaulicht. In Fig. 255 ist die Luftpumpe mit ihrer Betriebsmaschine noch besonders dargestellt; beide sind elastisch gekuppelt und arbeiten durch Vermittlung des selbsttätigen Schalters vollkommen selbsttätig. Bei genügendem Vakuum

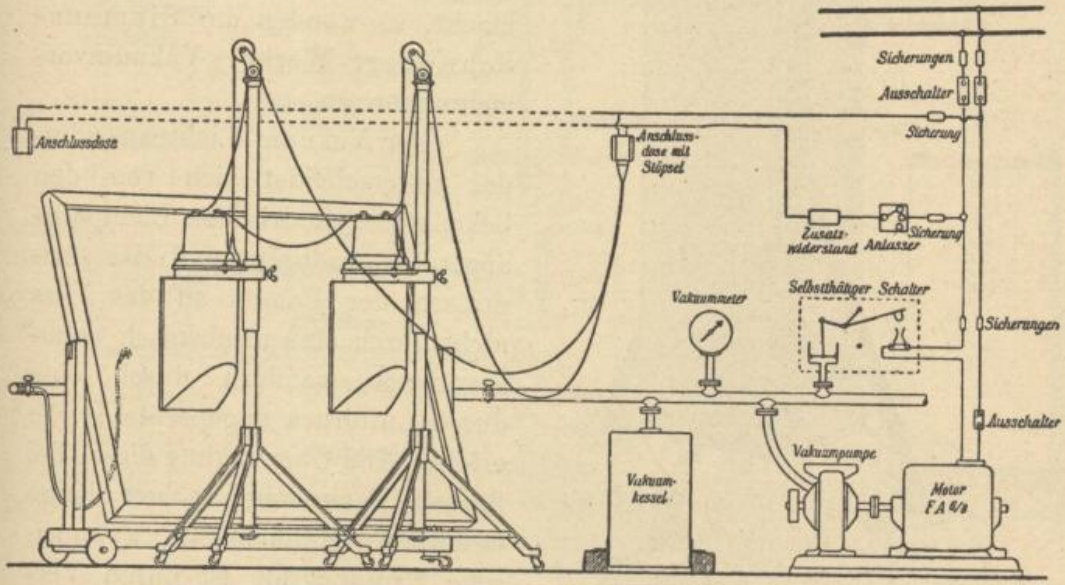


Fig. 255. Elektrische Lichtpausanlage.

unterbricht der Schalter den Strom und schaltet ihn wieder ein, sobald das Vakuum unter das erforderliche Maß herabsinkt. Zum Anschlusse der Rahmen an die Luftpumpe dient eine Gasrohrleitung.

Lichtpausapparate mit elektrischem Licht und Kopierzylinder.

Es wurden mehrfach zylindrische Lichtpausapparate konstruiert, bei welchen das Original (z. B. Zeichnung) und das lichtempfindliche Papier an die Außenseite eines Glaszylinders[1]) gepreßt werden, während innen die Lichtquelle sich befindet. Diese ist entweder eine röhrenförmig, axial aufgestellte Quecksilberlampe oder eine Bogenlampe, welche aber innerhalb des Zylinders axial während des Kopierens auf und ab bewegt

1) Eventuell ein aus zwei Halbzylindern zusammengesetzter Zylinder.

wird, um die volle zylindrische Fläche sukzessive gleichartig zu beleuchten.

Zu der ersten Gruppe gehört der Königsche Lichtpausapparat „Rex“ (1909), der von der mechanischen Werkstätte Hößl & Laad in Wien erzeugt wird. An dem Glaszylinder wird die Zeichnung und das Lichtpauspapier (Maximalformat 60×85 cm) mittels einer Filzdecke angepreßt und mittels der Quecksilberlampe in wagerechter Stellung kopiert; Belichtungsdauer bei Cyanotyppapier 5 bis 10 Minuten (Phot. Korresp. 1910).

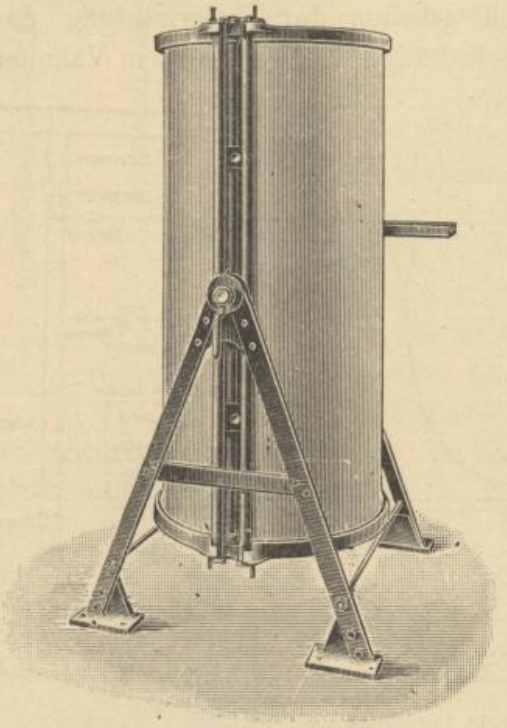


Fig. 256. Vakuum-Lichtpauszylinder.

Da das Anpressen von großen Papieren in innigem Kontakt an Glaszylindern Schwierigkeiten macht, so wenden die Siemens-Schuckert-Werke Vakuumvorrichtungen an.

Der Vakuum-Lichtpauszylinder unterscheidet sich von den bekannten zylindrischen Lichtpausapparaten dadurch, daß das Anpressen der Pausen an das Glas nicht durch eine mechanisch anzuspannende, sondern durch eine durch Luftdruck angepreßte Decke erfolgt. Die Übertragung dieser bei flachen Pausrahmen schon lange bewährten Methode auf zylindrische Pausapparate ist durch Verwendung einer selbstdichtenden Gummidecke — Ö. P., D. R. P. — möglich geworden. Durch eine eigenartige Gestaltung der Ränder der Decke wird erreicht, daß durch den Luftdruck selbst eine absolut sichere Dichtung erzielt wird. Zum Einlegen der Originale und Pausen wird der Apparat horizontal gestellt und dadurch selbsttätig von der Vakuumleitung abgesperrt. Nach Einlegen der Pausen wird die aufgelegte Gummidecke mittels einer einfachen Spannvorrichtung leicht angespannt, beim Drehen in die vertikale Stellung erfolgt sodann selbsttätig der Anschluß des Apparates an die Vakuumleitung und das feste Andrücken der Decke.

Die Verwendung des Vakuumverfahrens hat außer dem bekannten Vorzuge, daß die Pausen auf ihrer ganzen Fläche glatt anliegen und daher die Kopien ganz scharf werden, bei Zylinderapparaten noch den

weiteren Vorteil, daß ein Zersprengen der Glaszylinder, welches bei mechanischer Anpressung leicht vorkommen kann, hier nicht zu befürchten ist.

Für einen einzelnen Lichtpausapparat genügt zur Erzeugung des Vakuums eine einfache Handpumpe.

Für größere Lichtpausanlagen mit einer Reihe von Vakuum-Lichtpausapparaten empfiehlt es sich, zur Erzeugung des erforderlichen Vakuums eine elektrisch betriebene Luftpumpe zu verwenden. Diese ist an ein mit Vakuumkessel verbundenes Röhrensystem angeschlossen, welches den ganzen Lichtpausraum durchzieht und mit An-

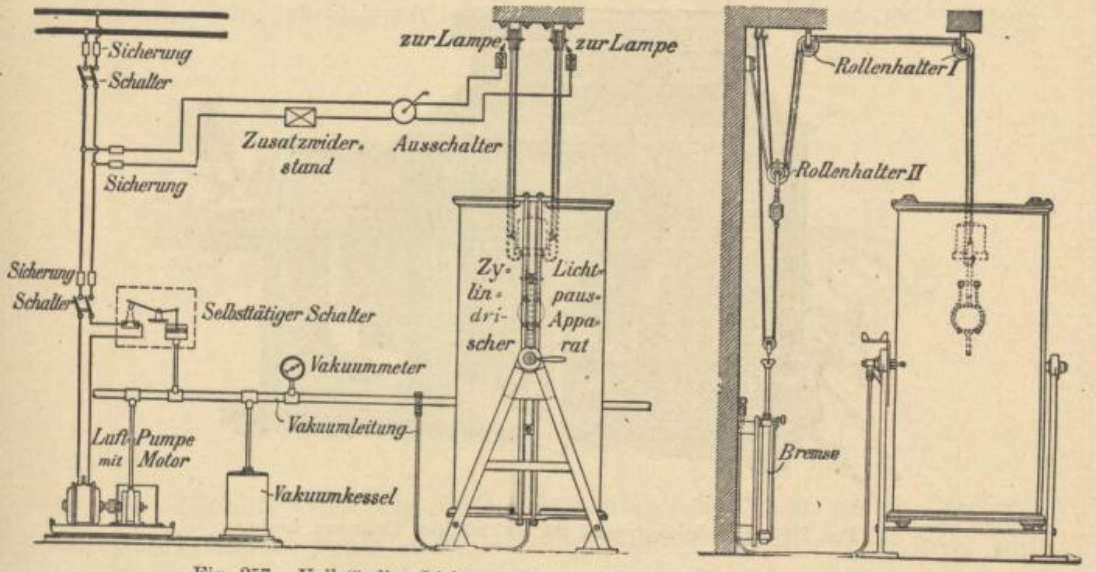


Fig. 257. Vollständige Lichtpausanlage mit Vakuum-Lichtpauszylinder.

schlußhähnen versehen ist. Durch einen selbsttätigen Schalter wird die Pumpe jedesmal in Bewegung gesetzt, wenn das Vakuum ungenügend wird, und abgestellt, wenn die erforderliche Luftleere wieder erreicht ist. Diese Anordnung hat den Vorteil, daß ein unnützer Verbrauch an elektrischer Energie vermieden wird.

Eine vollständige Lichtpausanlage mit Vakuum-Lichtpauszylinder wird durch die obige Skizze veranschaulicht, aus der die Anordnung der verschiedenen Apparate ersichtlich ist.

Es ist bemerkenswert, daß die elektrische Bogenlampe im Innern des Glaszylinders mittels Rollenhalter auf und ab bewegt wird, um gleichmäßiges Kopieren zu bewirken.

Der Zylinderapparat gibt mit einer einzigen Lampe die doppelte Menge Lichtpausen, als sie beim Flachrahmen mit zwei Lampen zu erhalten sind.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Elektrisches Licht für Projektions- und Vergrößerungszwecke.

Die Anwendung des elektrischen Bogenlichtes zur Vergrößerung kleiner photographischer Aufnahmen bis zur Lebensgröße wurde in der photographischen Praxis mit bestem Erfolge eingeführt.

Gegenwärtig ist die Anwendung des elektrischen Bogenlichtes in den verschiedenen Arten des Skioptikons, von Projektions- und Vergrößerungsapparaten, Kinematographen usw. mannigfach gebräuchlich.

Fig. 258 zeigt die Anordnung eines modernen Projektionsapparates mit elektrischem Licht von Lechner (W. Müller) in Wien I. Das Gehäuse des Apparates ist aus schwarz emailliertem Eisenblech innen mit Asbest ausgekleidet, mit lichtdichtem Ventilationsschornstein. Die Beobachtung des Lichtbogens erfolgt durch ein dunkelrubinrotes Fenster, das an der seitlichen Türe eingesetzt ist.

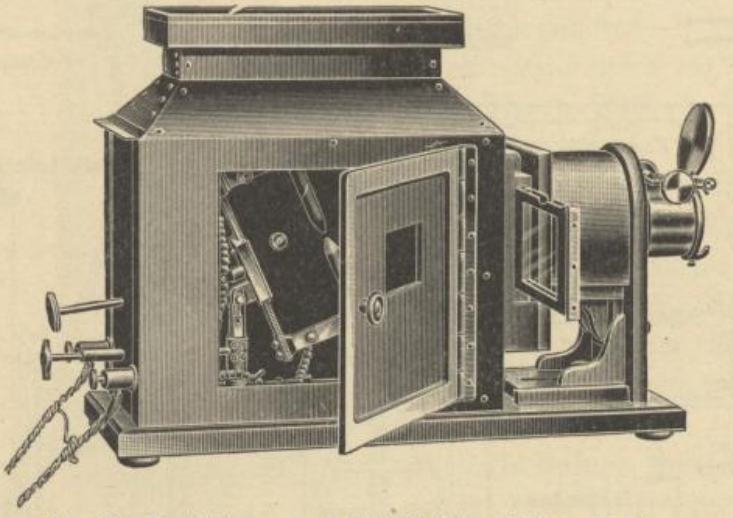


Fig. 258. Projektionsapparat mit elektrischem Licht von Lechner.

In ähnlicher Weise, aber mit zahlreichen Varianten unter Benutzung der verschiedenen oben (S. 417) beschriebenen elektrischen Lichtquellen, sind die verschiedenen Arten der Projektionslampen, Vergrößerungsapparate (s. S. 434), kinematographische Beleuchtungsvorrichtungen konstruiert, deren Besprechung aber nicht an dieser Stelle vorgenommen werden soll.

V. Photographie mit elektrischem Glühlicht. — Kombination von Glühlicht mit Bogenlicht.

Aufnahme bei elektrischem Glühlicht.

Das gelbliche Licht der gewöhnlichen Kohlenfadenlampen ist für Porträt- und Interieuraufnahmen, sowie Reproduktionen wenig geeignet, weil es wenig hell und relativ arm an blauviolettem „aktinischen“ Licht ist. Es empfiehlt sich orthochromatische Platten und lichtstarke Objektive zu verwenden, um nicht allzu lange belichten zu müssen. Nun können aber solche Kohlenfadenlampen mit starken elektrischen Strömen zur Weißglut gebracht werden („überspannte elektrische Glüh-

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

lampen"), wie auf S. 409 erwähnt wurde. Sie leuchten dann viel heller und senden viel blauviolettes Licht aus (vgl. S. 408); diese Lichtemission steht in gesetzmäßigem Zusammenhang mit der Erhöhung der Temperatur des Kohlefadens.

Solche mit übermäßig starkem Strom zum Weißglühen gebrachte Kohlenfadenlampen gehen rasch zugrunde; schickt man aber den Strom allmählich steigend durch die Leitung und nutzt die Lampen aber jedesmal nur mehrere Sekunden aus, bis eine photographische Aufnahme beendet ist, so gelingt die praktische Durchführung photographischer Porträtaufnahmen mit derartiger Beleuchtung.

Mr. Adamson in Glasgow ließ sich (etwa 1894) eine Beleuchtungsvorrichtung mit elektrischem Glühlicht für Porträtaufnahmen patentieren.

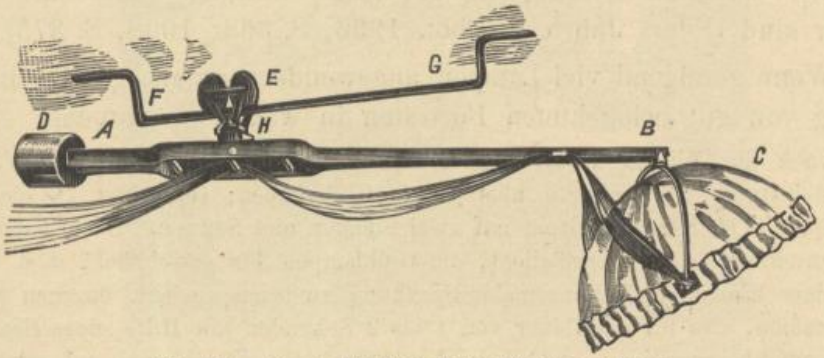


Fig. 259. Adams elektrische Beleuchtungsvorrichtung.

Dieselbe besteht, wie Fig. 259 versinnbildlicht, aus einem leichten metallenen Rahmenwerk AB, welches bei H drehbar mit dem mit Rollen versehenen Stücke E verbunden ist. E gleitet auf der an der Decke befestigten Schiene GF. Am Ende B des Rahmenwerkes hängt mittels eines Bügels der aus feiner Seide gefertigte schirmartige Reflektor C, dessen Gewicht durch das am andern Ende A angebrachte Gegengewicht D ausbalanciert wird. 20 große Glühlampen, deren Zuleitungsdrähte die Figur erkennen läßt, sind im Innern des Reflektors, an der Peripherie desselben angeordnet. Die ganze Einrichtung gestattet, der Lichtquelle während der Aufnahme eine beliebige leichte Bewegung zu erteilen, wodurch schwere Schatten vermieden werden.

Zum Einstellen werden nur acht der Glühlampen in Tätigkeit gesetzt und die übrigen dann erst allmählich eingeschaltet, um den Sitzenden nicht plötzlich zu sehr zu blenden.

Bei vollem Betriebe erfordert der Apparat 80 bis 85 Ampère bei 100 Volt. Obgleich der Stromverbrauch größer ist als bei Verwendung einer Bogenlampe gleicher Leistung, so sind die Kosten doch sehr ge-

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

ring, weil die volle Lampenzahl nur während der Exposition, die nur eine Sekunde dauert, benutzt wird (Eders Jahrb. f. Phot. 1895, S. 451).

Philipp Georg von der Lippe in Wien erhielt ein deutsches Patent (Nr. 189597), sowie ein österreichisches und ein englisches (1905) Patent auf eine derartige Beleuchtungsanlage für photographische Ateliers mit überspannten elektrischen Glühlampen, welche auf Zuleitungsdrähten verschiebbar sind, dadurch gekennzeichnet, daß diese Drähte von heb- und senkbaren und horizontal in der Quer- und Längsrichtung verstellbaren Rahmen getragen werden und daß die Lampen mit Reflektoren ausgestattet sind, die sowohl um ihre geometrische Achse als auch um eine zur Ebene eines vom Scheitel ausgehenden Meridianschlitzes für die Lampendrähte senkrechte Achse drehbar sind (Eders Jahrb. f. Phot. 1906, S. 363; 1908, S. 375).

Wenn genügend viel Lampen angewendet werden, gelingt die Herstellung von gut beleuchteten Porträten in wenigen Sekunden.

Auch die Wiener Elektrische Glühlampenfabrik Sturm & Co. (Wien IX, Lichtensteinstraße 12) benutzte überspannte Glühlampen; sie bringt 20 elektrische Glühlampen à 16 Kerzen verteilt auf zwei Ständer und Soffiten. Dazu kommt eine Schalteinrichtung, die es ermöglicht, die Glühlampen für gewöhnlich, d. h. für die Dauer einer Einstellung mit normaler Spannung zu beanspruchen, dagegen während der Aufnahme, also für die Dauer von 1 bis 2 Sekunden mit Hilfe eines Senkknopfschalters zu überanstrengen, wobei die Leuchtkraft jeder Glühlampe auf etwa 200 K (also für alle Lampen auf 400 K) steigt. Diese kurze Überanstrengung hat für die elektrischen Glühlampen nur eine geringfügige Abnutzung zur Folge (Eders Jahrb. f Phot. 1908, S. 375).

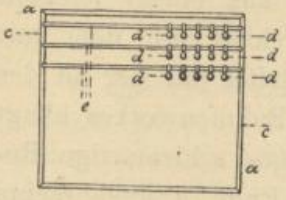


Fig. 260. Rahmen für Glühlampenbeleuchtung.

Die Berlin-Neuroder Kunstanstalten, Akt.-Ges. in Berlin, erhielten ein D. R. P. Nr. 145290 vom 1. Juni 1902 auf eine Vorrichtung zum Tragen der außerhalb eines mit lichtdurchlässigen Wänden versehenen Aufnahmeraumes anzubringenden Lampen. In dem gitterartigen Rahmen *c* (Fig. 260) sind die als Träger der Lampen *d* dienenden Stäbe *e* verschiebbar angeordnet (Phot. Chronik 1904, S. 333; Eders Jahrb. f. Phot. 1905, S. 313).

Der erste, welcher in der Atelierbeleuchtung eine Kombination von Glühlicht und Bogenlicht verwendete, war Hauptmann Himly in Berlin[1]). Das elektrische Bogenlicht wirkt leicht etwas hart, durch die Kombination mit Glühlicht wird dasselbe gemildert. Fig. 261 zeigt die von ihm empfohlene Anordnung der Lampen bei der Kombinierung von Bogenlicht (*A*) mit mehreren Glühlichtlampen. Während das Bogenlicht in dem Diffusor das Vorderlicht liefert, geben die unter dem

1) Eders Jahrb. f. Phot. 1887, I, S. 133.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Krane befestigten 2 Reihen von je 4 Glühlampen das Oberlicht und beleuchten vermittelst der dahinter angebrachten Hohlglasspiegel den Fußboden besser, welcher ohne das Glühlicht oft schwer kommt. Außerdem ist eine weitere Reihe von 6 Glühlampen mit Hohlglasreflektoren zur Beleuchtung des Hintergrundes bis zum Fußboden abwärts bestimmt. Arbeitet man mit dem Glühlampenkomplex allein, so lassen sich farbenrichtige Aufnahmen auf Erythrosinplatten oder dergl. ohne Anwendung einer Gelbscheibe machen.

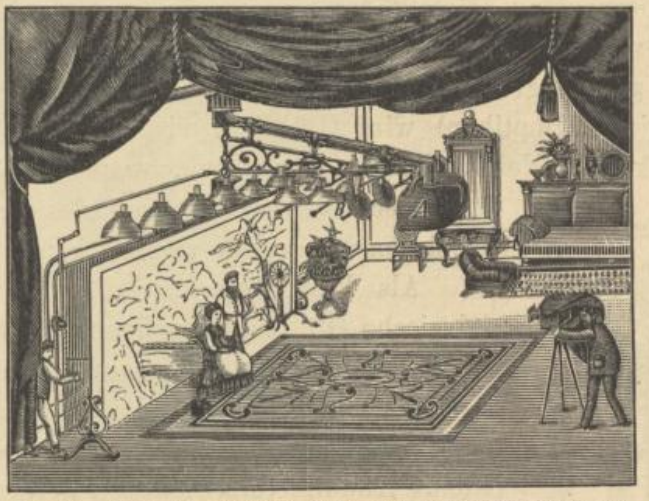


Fig. 261. Himlys kombinierte Glüh- und Bogenlichtbeleuchtung.

Die Jupiter-Lampe, bei welcher eine Kombination von Glühlicht und einer Art Bogenlampe vorkommt, wurde bereits auf S. 450 beschrieben.

Metallfadenlampen geben ein weißeres Licht als Kohlenfadenlampen. Man erzeugt Wolframlampen oder Tantallampen mit der großen Helligkeit von 100, ja sogar 500 Kerzen und mehr und erzielt damit ziemlich helles Licht, dessen Intensität und Aktinität merklich größer als bei gewöhnlichen Kohlenfadenlampen ist, jedoch nicht so hoch gesteigert werden kann, wie dies beim elektrischen Bogenlicht der Fall ist. Immerhin sind Porträtaufnahmen und Reproduktionen bei Verwendung mehrerer Wolframlampen oder dergl. möglich.

Nernst-Lampen geben sehr weißes Licht, welche als Lichtquelle für Spektroskopie, für Vergrößerung, hie und da zu anderen photographischen Zwecken verwendet werden, ohne ausgedehntere Verbreitung gefunden zu haben.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Kopieren und Vergrößern bei Glühlicht.

Das Kopieren auf Bromsilbergelatine erfordert so wenig helles Licht, daß man beim Licht schwacher Glühlampen Kontaktkopien herstellen kann. Selbstverständlich wird man mit gesteigerter Leuchtkraft der Glühlampen kürzer belichten können und im Bedarfsfalle die Lichtquelle vom Kopierrahmen weiter entfernen können, um gleichmäßige Beleuchtung zu erzielen.

Das weniger empfindliche Gaslichtpapier (Chlorbromsilberpapier) mit Entwicklung erfordert etwas hellere Lampen (z. B. 50 Kerzen) als Bromsilberpapier. Metallfadenlampen sind wegen ihres weißen Lichtes relativ wirksamer als die gelblich leuchtenden Kohlenfadenlampen.

Auch zu Vergrößerungen auf Bromsilberpapier usw. mit der Laterna magica (Skioptikon) wird Glühlicht viel verwendet (Glühlampe mit Mattglaskugel, Nernst-Lampe usw. usw.), was ohne Schwierigkeit den verschiedenen Systemen des Vergrößerungsverfahrens angepaßt werden kann.

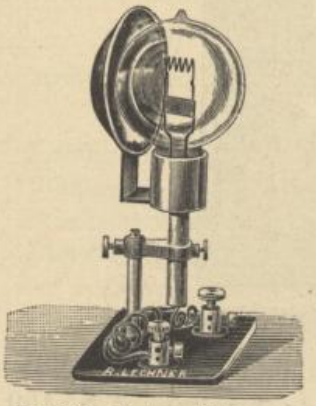


Fig. 262. Fokus-Glühlampe.

Als Lichtquelle für Projektion wird die elektrische Glühlampe meistens mit Reflektor verwendet. Fig. 262 zeigt die von Lechner-Müller in Wien I in den Handel gebrachte „Fokus-Glühlampe“ mit spiralartig gewundenem Glühfaden. Alle die verschiedenen derartigen Lampen werden an die gewöhnliche elektrische Hausleitung angeschaltet.

Für Auskopierverfahren auf Zelloidinpapier usw. erscheint die Verwendung von Glühlampen wohl möglich, aber unökonomisch und zeitraubend, da in dieser Beziehung das elektrische Bogenlicht weit überlegen erscheint.

VI. Verwendung der Quecksilberlampe in der photographischen Praxis.

Obwohl die große chemische Wirksamkeit des an hellen blauen, violetten und ultravioletten Strahlen reichen Quecksilberlichtes lange bekannt war (s. S. 424), kam es doch erst nach der Erfindung der Cooper Hewittschen Quecksilberdampflampe zur praktischen photographischen Verwendung.

Man benutzte die Hewittsche Quecksilberlampe ungefähr seit 1902 oder 1903 sowohl zu Porträtaufnahmen im Atelier mit Erfolg[1]), als andererseits auch zum Kopieren.

---

1) Photography, 24. Januar 1903; Perkins, Brit. Journ Phot. 1904, S. 747; Eders Jahrb. f. Phot. 1905, S. 316.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Quecksilberdampflampen bieten dem Photographen eine nicht zu kostspielige, bequem zu handhabende künstliche Lichtquelle, die überall dort, wo elektrischer Strom (Gleichstrom) zur Verfügung steht, ohne weiteres nutzbar gemacht werden kann (Eders Jahrb. f. Phot. 1907, S. 336).

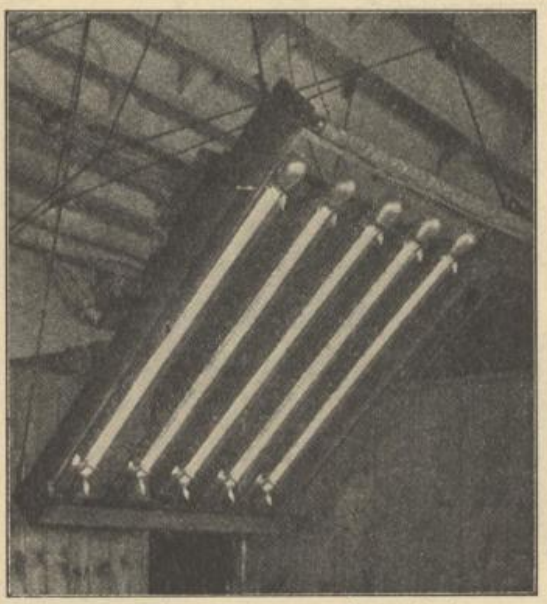


Fig. 263. Atelierbeleuchtung mit Quecksilberlampen.

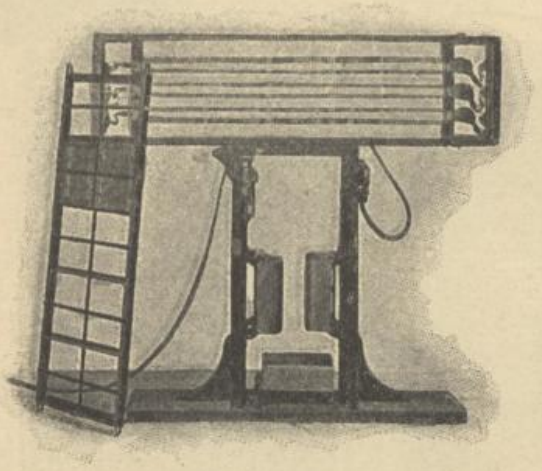


Fig. 264.

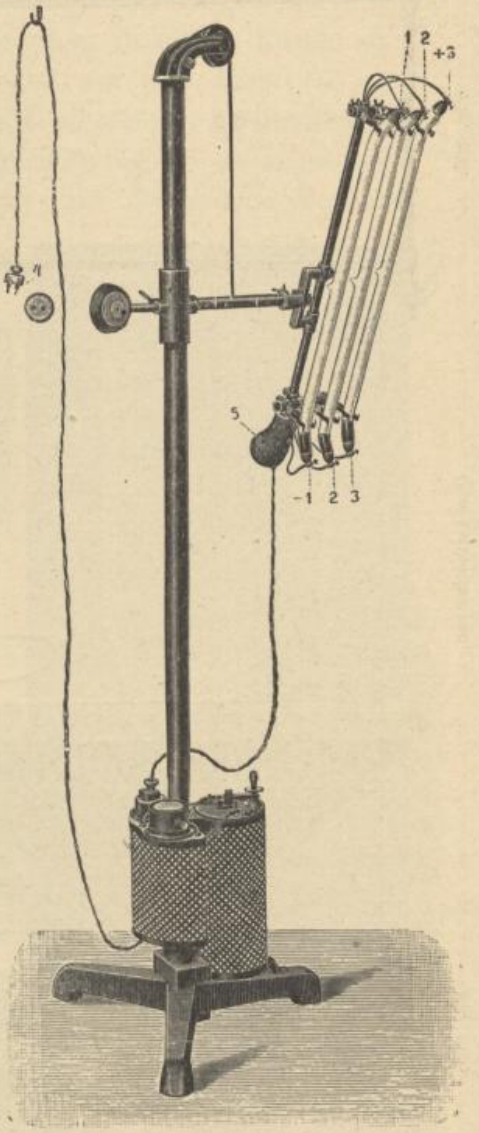


Fig. 265.

Quecksilberlampen.

Ordnet man mehrere Quecksilberdampflampen von $^1/_2$ bis 1 m Länge nebeneinander an (Fig. 263), so erzielt man eine helle Atelierbeleuchtung, welche sogar Momentaufnahmen gestattet; auch kann man ganz gut die in mehreren Reihen angeordneten Lampen (Fig. 264) zum Kopieren auf Zelloidinpapier verwenden[1]).

1) Eders Jahrb. f. Phot. 1905, S. 315.

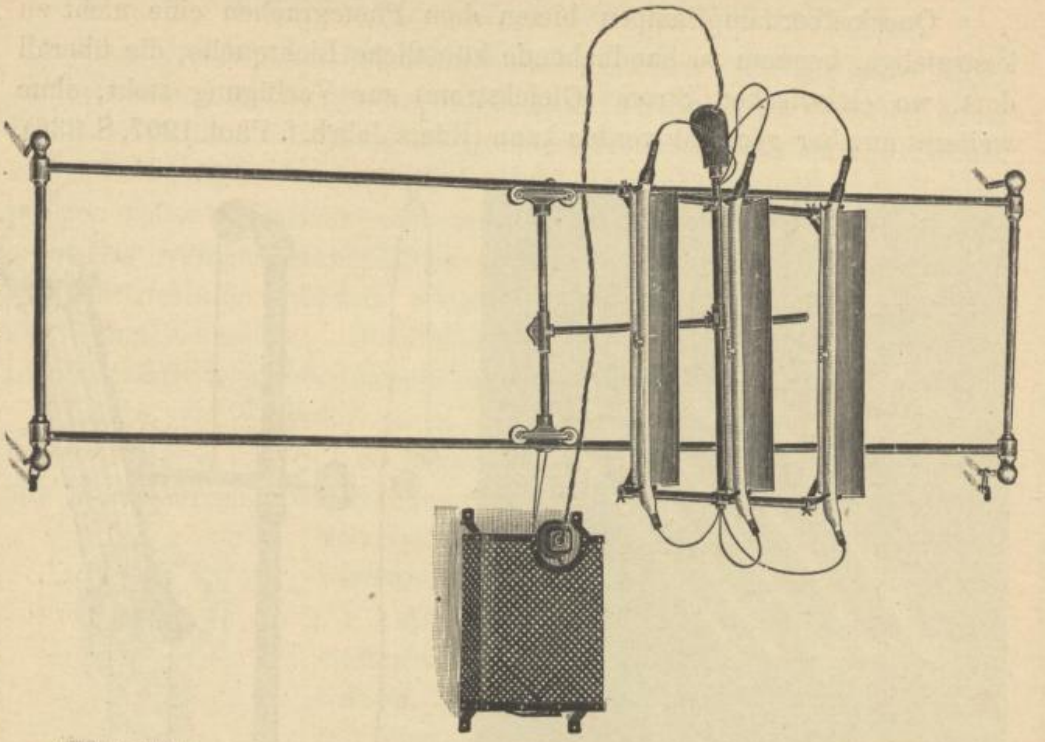


Fig. 266.

Quecksilberlampen.

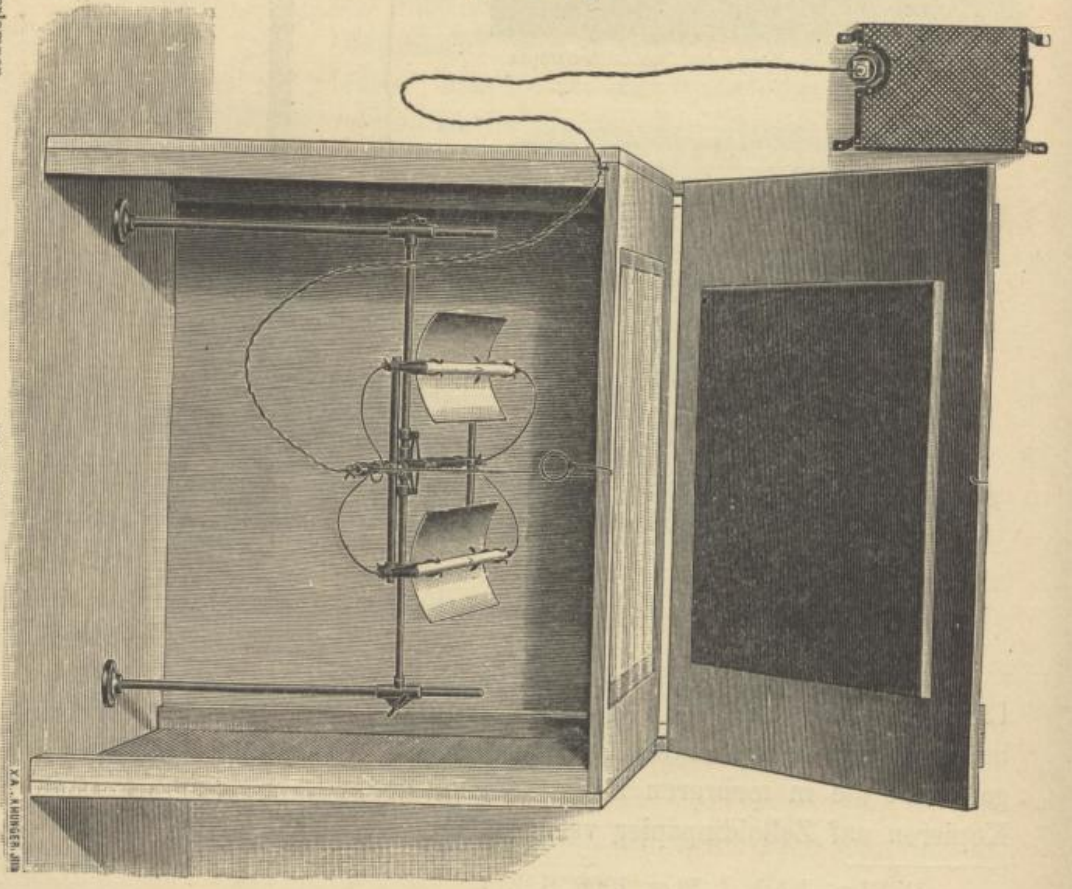


Fig. 267.

Fig. 265 zeigt die Einrichtung[1]) mit drei Quecksilberlampen der Firma Schott in Jena (Röhrenlänge 45 bis etwa 80 cm) mit Stativ, Ampèremeter, Widerstand usw. fertig montiert geliefert (Preis 140 Mk.). Die Lampe braucht 2 bis 4 Ampère elektrischen Strom.

Fig. 266 zeigt die Anordnung der Schottschen Hageh-Lampen in Schlittenform. In Fig. 267 ist die Anordnung in einem Kasten dargestellt; die Kopierrahmen werden horizontal auf den Tisch (75 qcm Fläche) gelegt. Der Apparat dient z. B. zum Kopieren von Ansichtskarten.

Zu möglichst weitgehender Energieausnutzung ist es angebracht, so viel Lampen in Reihe zu schalten, als die vorhandene Betriebsspannung gestattet, wobei noch zu berücksichtigen ist, daß längere Lampen die Spannung besser ausnutzen als kurze. Wegen Transportschwierigkeiten empfiehlt es sich aber, nicht über eine Länge von 65 cm hinauszugehen.

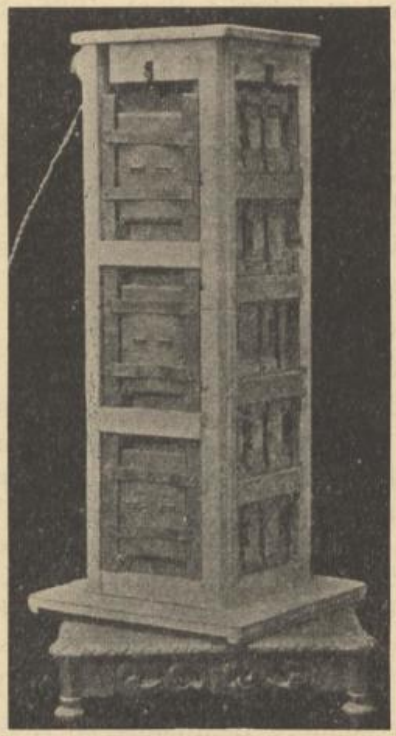


Fig. 268.
Kopierkasten mit Quecksilberlampe.

Benutzt man sehr lange Quecksilberröhren, so kann man die Kopierrahmen säulenförmig um das Quecksilberlicht anordnen. Fig. 268 zeigt eine solche Vorrichtung von O. Sichel in London („The Process Work" 1906, S. 344).

Die Cooper Hewittsche Quecksilberbogenlampe[2]) wurde von der amerikanischen Mutoskop- und Biograph-Co. benutzt, um Serienaufnahmen, „lebende Photographien", für den Kinematographen zu machen. Hierbei wurden 64 Lampen benutzt (Photography 1904, S. 158).

Auch zu Aufnahmen in Theatern (Gruppenaufnahmen auf der Bühne) wurde 1895 zuerst in England die Hewitt-Lampe benutzt[3]).

Kinematographische Aufnahmen vom Verkehr auf Untergrundbahnen wurden in New York gemacht und Bilder des Verkehrs auf den Untergrundbahnhöfen der Stadtbahn angefertigt. Das Licht wurde von 72 Cooper Hewitt-Quecksilberdampflampen geliefert, die an zwei Wagen befestigt waren. Man verwendete dazu eine Type, deren Länge

1) Eders Jahrb. f. Phot. 1906, S. 355.
2) Vgl. Phot. Korresp. 1905, S. 178; Eders Jahrb. f. Phot. 1905, S. 316.
3) Phot. Chronik 1905, S. 64.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

etwa 115 cm beträgt; der gesamte von den Lampen ausgestrahlte Lichteffekt wird auf über 50000 Kerzenstärken angegeben. Die Lampenreihen waren am vordersten Wagen schräg befestigt, so daß das Licht sich unmittelbar in der Front der Kamera befand, die am nächsten Wagen angebracht war (Eders Jahrb. f. Phot. 1906, S. 357).

W. Gamble empfiehlt zwei lange Quecksilberbogenlampen nicht nur für Negativaufnahmen, sondern auch zum Kopieren; hierzu dienen zwei lange Hewittröhren, insbesondere für Chlorsilber-, Platin- und Cyanotyppapier; für chromierte Pigmentpapiere fand er das Quecksilberlicht weniger wirksam (Brit. Journ. Phot. Almanac 1906, S. 646; Eders Jahrb. f. Phot. 1906, S. 355).

Über die Verwendung des Quecksilberlichtes zu Kopierzwecken s. L. Lippmann (Eders Jahrb. f. Phot. 1901, S. 366; 1907, S. 290.)

Im allgemeinen haben sich die Quecksilberdampflampen aus Glas für Kopierzwecke weniger bewährt als für Negativphotographie. Die Glasgefäße bräunen sich mit der Zeit beim langen Benutzen der Lampen, sie leuchten dann schwächer.

Für Kopierzwecke ist das elektrische Bogenlicht in seinen verschiedenen Formen (Effekt, Kohle, Dauerbrandlampe usw.) besser als die Quecksilberglaslampe. Dagegen ist für Kopierzwecke usw. die Quarzglaslampe wichtig (s. Seite 426ff.).

Für Projektionszwecke und zur Erhellung von Mikroskopen (Siedentopf) dienen speziell Quecksilberlampen mit konzentrischen Elektroden, bei denen die Hauptmenge des Lichtes vom positiven Krater ausgesendet wird.

Über eine kleine Quecksilberbogenlampe für mikrophotographische Zwecke berichtet Siedentopf (Zeitschrift f. Instrumentenkunde 1904, Heft 1), ferner Köhler (Phys. Zeitschr. 1905, S. 666, mit Figur; Eders Jahrb. f. Phot. 1905, S 318).

Über die Verwendung der Quecksilberlampe in Form langer Glasröhren in zylindrischen Lichtpauszylindern für Kopierzwecke (insbesondere Lichtpauserei) s. S. 470.

Die Quecksilberquarzglaslampe von Heraeus übertrifft an Glanz und chemischer Wirksamkeit des mehr weißen Lichtes ganz bedeutend die Quecksilberglaslampen; sowohl zu Aufnahmen in der Kamera, als insbesondere auch für Kopierzwecke gestattet sie viel kürzere Belichtungszeiten als diese.

In der k. k. Hof- und Staatsdruckerei hat P. v. Schrott diese Lampe mit Erfolg für Kopierzwecke in der Reproduktionsabteilung eingeführt (s. S. 427).

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

ACHTZEHNTES KAPITEL.

GASLICHT, KERZENLICHT. — HOLZFEUER, FEUERSBRUNST.

I. Kerzen-, Lampen- und Gaslicht.

Das Licht einer Talg-, Stearin- oder Paraffinkerze hat im Vergleich mit den vorhergehenden Lichtquellen eine sehr geringe chemische Leuchtkraft. Dieselbe ist so gering, daß man zu Beginn der Daguerreotypie das Kerzenlicht als nahezu unwirksam erklärte. In späterer Zeit aber wurde nicht nur der Aktinismus dieser Lichtquellen erkannt, sondern der Verfasser beobachtete im Jahre 1890 ferner eine Wirkung der schwach leuchtenden Gasflamme des Bunsenschen Brenners, sowie der Weingeistflamme auf Bromsilbergelatine, die $^1/_{20}$ bis $^1/_{50}$ einer Kerze betrug[1]), und photographierte auch deren Spektrum.

Das Licht einer Kerze erscheint im hellen Lichte der Sonne, des Magnesiums usw. trübe.

Um wieviel auch das Magnesiumlicht stärker gegenüber dem Kerzenlicht ist, zeigt die Tatsache, daß ein mit Magnesiumlicht beleuchtetes Kerzenlicht einen Schatten wirft, welcher sogar photographiert werden kann; es ist der nicht leuchtende Teil des letzteren gut zu unterscheiden[2]). — Auch Leuchtgas-Schmetterlingsbrenner werfen im elektrischen Licht Schatten (Tesla[3]).

Daß das Licht einer Talgkerze auf nasse Jodkollodiumplatten bei reichlicher Belichtung wirkt, wußte man schon um die Mitte des vorigen Jahrhunderts; man ver-

---

1) Die nicht leuchtende Gasflamme des Bunsenschen Brenners galt lange als unwirksam. Eine Weingeistflamme wirkt nach Bunsen und Roscoë nicht aktinisch auf Chlorknallgas, selbst dann nicht, wenn Chlorstrontium darin aufgelöst ist. Auf Bromsilbergelatine wirkt jedoch die schwach leuchtende Flamme des Bunsenbrenners sehr merklich ein und Eder photographierte 1890 zuerst das ganze Spektrum einer derartigen Flamme (Denkschriften d. Wiener Akad. d. Wissenschaften 1890), welches bekanntlich aus einer Reihe von Bändern besteht. Sie sind heliographisch abgebildet in Eder und Valenta, „Atlas typischer Spektren", Wien 1911.

2) Otley, Bull. Soc franç. Phot. 1865, S. 751; Phot. News, Juni 1865.

3) Eders Jahrb. f. Phot. 1898, S. 385.

suchte mit Erfolg bei großer Nähe der Kerzenflamme Diapositive nach einem aufgelegten Negativ zu erhalten[1]).

Mit Hilfe der Sensitometrie (s. Eders System der Sensitometrie S. 209) findet man, daß der Schwellenwert einer nassen Kollodiumplatte mit Hervorrufung ungefähr = 1 bis 5 Sekundenmeterkerzen ist (Jodkollodium ist weniger, Jodbromkollodium mehr empfindlich). — Eine Bromsilbergelatineplatte mittlerer Empfindlichkeit braucht 0,1 Sekundenmeterkerzen, um die erste Bildspur im Entwicklungsverfahren zu zeigen und mehrere Sekunden, um eine kräftige photographische Schwärzung zu erhalten.

Selbstverständlich sind Öl- oder Petroleumlampen von etwa 3 bis 5 Kerzen entsprechend heller und gute Öl-Argandbrenner mit etwa 10 Kerzen Helligkeit wirken auf photographische Platten entsprechend stärker ein.

Die ersten, welche beim Lichte zweier Öllampen nach 35 Minuten langer Belichtung auf Jodchlor-Daguerreotypplatten ein Lichtbild erhielten, waren die Gebrüder Natterer in Wien (1841), s. Bd. I, S. 219 (Eders Geschichte der Photographie). Später wurden unter Benutzung lichtstärkerer Objektive bei Öllampenlicht Daguerreotypien in etwa 10 Minuten gemacht[2]). — Die wenig empfindlichen Kollodiumtrockenplatten benötigten $^1/_2$ bis 4 Minuten, um beim Lichte einer Petroleumlampe im Kontakt Glasdiapositive zu geben[3]).

Die hochempfindlichen Bromsilbergelatineplatten mit chemischer Entwicklung geben bei Kerzenlicht bei etwa 30 cm Distanz im Kopierrahmen in 5 bis 30 Sekunden gute Diapositive, und viel kürzer ist die Expositionszeit für Gas-Schmetterlingsbrenner oder Glühlampen.

Auch Negativaufnahmen lassen sich unter günstigen Umständen bei Lampenlicht machen. Grüne erhielt auf nassen Kollodiumplatten bei Petroleumlicht die Photographie einer Gipsbüste in 10 Minuten (Phot. Mitt. 1868, Bd. 5, S. 222).

Brooks in Reigate verteilte in unterirdischen Kellern Paraffinlampen und exponierte mit einem Dallmeyerschen Stereoskop-Instrument durch 65 Minuten; es wurden Bromsilbergelatineplatten benutzt. Auf den Bildern waren sogar die tiefsten Schatten erschienen (Phot. Mitt. 1878, Bd. 15, S. 184).

Porträts bei Gaslicht wurden 1857 zuerst in London auf nassen Kollodiumplatten gemacht. Die Belichtung soll $1^1/_2$ bis $2^1/_2$ Minuten gedauert haben, und die Bilder selbst nicht besonders gelungen sein (Kreutzers Jahresber. d. Phot. 1857, S. 527).

Cox photographierte eine Höhle, die durch 40 Gasflammen erleuchtet war, unter Hinzunahme einiger Petroleumlampen und bei Anwendung von Reflektoren auf Bromsilbergelatineplatten in 10 Minuten mittels eines Porträtobjektives ohne Blende[4]).

Im Jahre 1880 war die Konstruktion der Gaslampen nach dem System der Argandbrenner so weit vorgeschritten, daß man Helligkeiten von ca. 1000 Kerzen damit erzielen konnte und Law in Newcastle nahm um diese Zeit mit Hilfe der damals kürzlich erfundenen Bromsilbergelatine-Trockenplatten Porträtphotographien auf; die Belichtungszeit für ein Visitenkartenbild war etwa 8 Sekunden. Der Brenner

---

1) Homolatsch (Kreutzers Zeitschr. f. Phot. 1862, Bd. 7, S. 7). — Navez (Kosmos; Horns Phot. Journ. 1856, Bd. 6, S. 15). — Fürstenau (Dingler, Polyt. Journ. Bd. 168, S. 69). — Audra (Bulletin Soc. franç. Phot. 1873, S. 299); Phot. News 1875, S. 544, aus Moniteur de la Phot.; Phot. Mitt. 1870, Bd. 7, S. 24.

2) Daguerreian Journ. 1851, Bd. 1, S. 178.

3) Seco (Horns Phot. Journ. 1864, Bd. 21, S. 80); Senteck (Phot. Mitt. 1868, Bd. 5, S. 222).

4) Phot. News 1881, S. 259.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

von dieser Intensität nahe dem Modell war unangenehm, denn man fühlte das Licht und die Hitze. Um diese zu mildern, stellte Law zwischen Apparat und Person einen Schirm von blauem Glase auf. Der Schirm vermindert die Helligkeit nur um $^1/_4$. Für ein Visitenkartenbild wird 8 Sekunden, für ein Kabinettbild 12 bis 15 Sekunden exponiert[1]).

Law bediente sich hierbei der in Fig. 269 abgebildeten Gaslampe, welche auf einen Eisenfuß *A* montiert war und bei *B* einen Lampenzylinder aus Glimmer trug.

Diese Lampen, sowie der Siemenssche Regenerativbrenner, welche nur mehr historisches Interesse bieten, geben viel Hitze und sind an Wirksamkeit keineswegs mit dem Magnesiumlicht oder elektrischen Lichte zu vergleichen. Deshalb blieb die Porträtphotographie bei Gaslicht oder Petroleumlicht stets nur ein Experiment[2]).

Die Bromsilbergelatineplatten, welche durch Zusatz von Farbstoffen (Eosin, Erythrosin u. dgl.) für grüne, gelbe und orangerote Strahlen empfindlich gemacht sind, sind bei Lampenlicht verhältnismäßig viel empfindlicher als die ungefärbten Platten, weil in diesem Falle die Helligkeit der gelben Strahlen den Ausschlag gibt (s. S. 259). Darauf wies zuerst durch photometrische Versuche Eder in den Sitzungsberichten der Wiener Akademie der Wissenschaften, Abt. II, April 1885, hin. Schumann und kurz darauf Vogel teilten im November 1885 mit, daß man bei Lampenlicht infolge seiner gelblichen Färbung auf orthochromatischen Platten Gemälde im richtigen Farbenwerte herstellen könne, ohne eine gelbe Scheibe vor dem Objektive anzubringen. Mallmann und Scolik in Wien stellten auf Erythrosinplatten im Februar 1886 Porträtaufnahmen bei Petroleumlicht her; trotz der verhältnismäßig geringen Helligkeit von ungefähr 100 Kerzen dauerte die Belichtungszeit nur 3 bis 5 Sekunden. Als Farbstoff verwenden die Genannten das Erythrosin (aus Tetrajodfluorescein), dessen Vorzüge vor dem gewöhnlichen Eosin Eder zuerst im Jahre 1884 bekannt gemacht hatte.

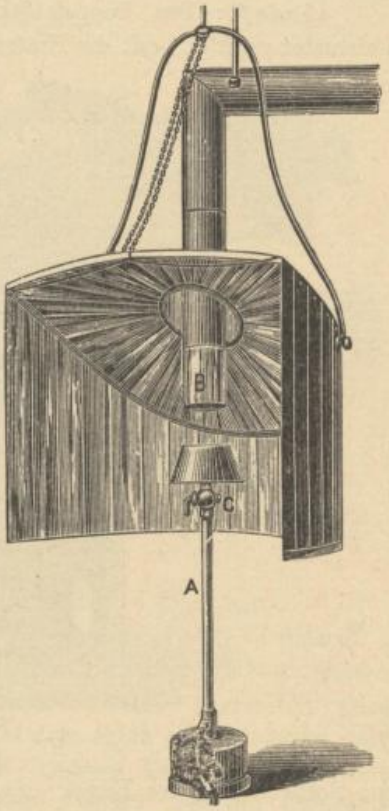


Fig. 269.

II. Vergrößerungsapparat mit Petroleum- oder Gaslicht.

Zu photographischen Vergrößerungen bediente man sich seit langer Zeit des Skioptikons[3]); anfangs bediente man sich zum Füllen der Lampen des Baumöls oder

1) Phot. Mitt. 1881, Bd. 17, S. 127; Phot. News 1880, S. 338 und 406.

2) Vgl. die Versuche Himlys (Eders Jahrb. f. Photogr. 1887, S. 131). Himly versuchte verschiedene Reihen von 18 Argandbrennern, welche eine gleichmäßige Beleuchtung gaben, während ein Regenerativbrenner von 200 Kerzen das Hauptlicht lieferte; die Belichtungszeit betrug nur 20 Sekunden.

3) Das gewöhnliche Skioptikon wurde schon vor etwa 40 Jahren von Brothers (Brit. Journ. Phot., 26 Dez. 1873; Phot. Archiv 1874, S. 9), dann Liesegang (Phot.

eines Gemisches von 1 Teil Kampfer und 10 Teilen Brennöl in der Solarlampe, später benutzte man das heller brennende Petroleum, welches in der Folge vom Gasglühlicht verdrängt wurde.

Die Handhabung des Skioptikons ist durchaus einfach und gefahrlos.

Da das alte Skioptikon mit Petroleumlampe und Doppeldocht das Vorbild für alle späteren Vergrößerungs- und Projektionslampen war, so soll dasselbe hier abgebildet und genauer beschrieben werden.

Das Skioptikon besitzt ein achromatisches Doppelobjektiv. Die Bilder können von oben oder von der Seite eingesetzt werden.

Die Linsen, Fassungen usw. sind in Fig 270 im Durchschnitt gezeichnet, der hintere Teil mit der Lampe ist perspektivisch dargestellt[1]).

abcdefg: Das Doppelobjektiv (Petzvalobjektiv). *ab*, die Vorderlinsen sind aufeinander gekittet. *cd*, die Hinterlinsen sind durch einen Ring getrennt. *e*, Schraube

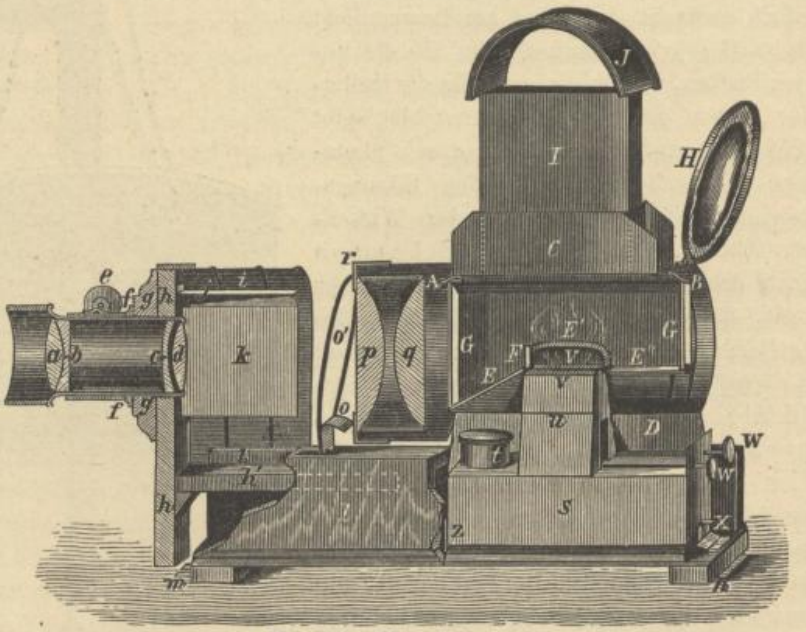


Fig. 270. Skioptikon.

zum Scharfstellen des Bildes. *fg*, Anschraubering. *hh*, Holzrahmen; *h'* gleitet in einer Nute im Bodenrahmen *l*, und dient zum groben Einstellen des Bildes. *ll*, ein Teil des Bodenrahmens; der Rest ist fortgelassen, um die Lampe und die Führung des Vorderteils zu zeigen. *mn*, Zungen zum Einschieben in die auf dem Kasten befindlichen Knöpfe. Hierdurch wird das Instrument vorne fixiert, während der Rückteil sich ein wenig zur Seite schieben läßt. *oo*, Bühne und Feder für die Bilder und den Bildhalter. *pq*, Kondensierungslinsen. *r*, Messingring, der die Linsen in der Fassung festhält. *s*, Petroleumbehälter. *t*, Hals zum Eingießen des Petroleums. Die Dochte sind ca. 3—4 cm breit. *ww*, zwei Knöpfe zum Regulieren der Dochte. *x*, eine Feder zum Festhalten der Lampe. *z*, eine Leiste, welche das zu weite Einschieben der Lampe verhindert. *AB*, die zylindrische Fassung des Apparates (in der

---

Archiv 1874, S. 6) u. a. für Vergrößerungszwecke mit photographischem Entwicklungspapier empfohlen.

1) Nach Liesegang, Phot. Archiv 1874, S. 6.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Zeichnung ist ein Teil derselben weggelassen, um die Lampe zu zeigen). *C*, der Ventilationsraum. *D*, die Verbindung des Zylinders mit dem Untergestell des Apparates. *EE'E''*, Boden der Flammenkammer. *F*, ein kleiner Glasstreifen vor der Flamme, welcher die erwärmte Luft nach oben dirigiert. *GG'*, die Gläser der Flammenkammer, die in Nuten auf den Enden von *EE'* ruhen. Anstatt der Gläser kann man Glimmertafeln verwenden. *H*, der Reflektor, zugleich als Verschluß des Apparates dienend. Das Zentrum des Reflektors ist genau in der Höhe von *E'*, welches wiederum dem Zentrum des Kondensators entspricht. *I*, Abzugsrohr für die heiße Luft. *J*, Deckel des Abzugsrohres zum Absperren der Lichtstrahlen. Je höher man ihn stellt, um so mehr Zug hat die Flamme.

Die Belichtungszeit ist nach Farbe und Dichtigkeit der Glasbilder und nach dem Vergrößerungsgrade sehr variabel.

Fig. 271 zeigt die Form eines Skioptikons für photographische Vergrößerungen, bei welchem das Einstellen mit einer Art Kamera geschieht.

Man erzeugt nach Negativen direkte Vergrößerungen mittels des Skioptikons auf Bromsilbergelatinepapier.

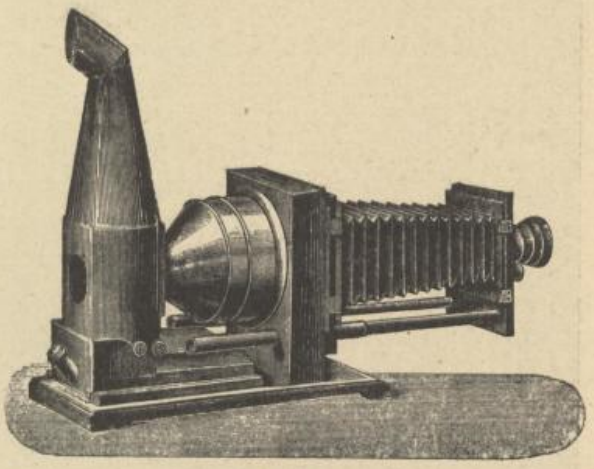


Fig. 271.

III. Holzfeuer u. dergl. — Photographie einer nächtlichen Feuersbrunst.

Gewöhnliches Holzfeuer strahlt relativ wenig aktinisches Licht aus.

Diese geringe Aktiniszenz des gewöhnlichen irdischen Feuers verursacht oft überraschende Erscheinungen, wie z. B. die Aufnahme einer Gruppe von Holzarbeitern, welche um ein mächtiges Feuer gelagert (an einer von der Sonne begrenzten Stelle), bei welcher von der hochaufschlagenden Flamme auf dem Bilde keine Spur zu sehen ist, wohl aber durch dieselbe hindurch die dahinter sitzenden Arbeiter, als auch der entsprechende Teil der sonnenbeleuchteten Landschaft, beides aber mit unscharfen Konturen[1]).

Viel stärker ist das stark angefachte, hell brennende Steinkohlenfeuer in Gaswerken, Fabriken usw., bei dessen Lichte Gruppenaufnahmen ganz gut möglich sind. Allerdings wird häufig das natürliche Licht des Kaminfeuers einer Schmiede usw. durch Magnesiumbeleuchtung imitiert.

Das Licht einer Feuersbrunst bei Nacht erscheint bekanntlich rötlich gefärbt und ist somit in der Regel nicht besonders aktinisch, ebensowenig wie der Feuerschein brennenden Holzes oder Kohle. Immerhin sind bei Großfeuer photographische Aufnahmen möglich und Fig. 272 zeigt die Photographie eines brennenden Fabrikgebäudes in der Nacht, welche, von C. H. Claudy aufgenommen, in The Photominiature, Heft 51, publiziert war (Eders Jahrb. f. Phot. 1904, S. 316).

1) Krone, Helios 1870, Bd. I, S. 137.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Über Photographie bei Nacht (Aufnahmen bei Mondlicht, von Feuerwerken, Illuminationen) erschien eine Monographie „Photographing at Night" von J. Horace Mc Farland in der Sammlung The Photominiature, Bd. 3, Nr. 31, Dawbarn & Ward, London 1901 (Eders Jahrb. f. Phot. 1902, S. 451).

Fig. 272.

IV. Petroleum, Gas usw. in Sauerstoff verbrennend.

Alle Kohlenstoffflammen, selbst wenn sie mit Sauerstoff angefacht sind, leuchten heller und kräftiger, gewinnen an chemischer Intensität, bleiben aber trotzdem verhältnismäßig arm an aktinischen Strahlen.

Dies gilt von Petroleum-, Öl-, Gasflammen usw., und auch Holzkohle, in Sauerstoff verbrannt, gibt ein sehr lebhaftes, aber mäßig aktinisches Licht[1]).

Claudet nahm im Dezember 1841 ein englisches Patent zur Herstellung von künstlichem Licht, worin er zur Herstellung von Porträtphotographien bei Nacht: 1. die Verbrennung von Kohle, angefacht durch Sauerstoffgas, 2. die Flamme von Leuchtgas und kohlenstoffhaltigen Flüssigkeiten, angefacht durch Sauerstoffgas, besonders erwähnte[2]).

In der Tat hat man 1855 Daguerreotypen nach einem Kupferstiche bei derartigem Lichte erhalten, als man in eine Flamme von Leuchtgas, welches früher mit Petroleumdämpfen geschwängert war, Sauerstoff leitete und dies Licht mit einem Reflektor verstärkte[3]).

Zur Herstellung von Petroleumsauerstofflicht leitet man nach Carl in eine Petroleumflamme Sauerstoff. Man füllt eine Petroleumlampe (Rundbrenner) mit einer

---

1) Monckhoven, Phot. Korresp. 1871, S. 208, aus Bulletin Belge Phot. Nr. 7.

2) Abridgements of the Specifications relating to Photography, 1861, S. 6.

3) Roy. Cornw. Polytechn. Soc. 1855, Bd. 41; Silliman Americ. Journ. of Science, Bd. 22, S. 301.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

gesättigten Lösung von Naphthalin in Petroleum. Innerhalb des Rundbrenners steigt ein enges Röhrchen in die Höhe, welches oben einen Ansatz mit radialen konischen Löchern trägt, aus welchen Sauerstoff ausströmen kann. Zündet man den Docht der Lampe an, so hat man eine stark rußende Flamme; leitet man nun Sauerstoff durch, so erhält man einen prächtigen Lichtstern[1]).

Solches Licht hatte Tessié du Mothay zur Straßenbeleuchtung zu verwenden gesucht und 1870 tauchte es unter dem Namen „Licht Philipp" als photographische Lichtquelle auf[2]). Seine Unbrauchbarkeit zu diesem Zwecke sprach Monckhoven aus[3]).

Van Tenac führte in eine mit Öl gespeiste Moderateurlampe einen Sauerstoffstrom an die Innenseite. Das Licht war sehr weiß und intensiv, aber weniger aktinisch als brennendes Magnesium[4]).

Leuchtgas, durch Benzol geleitet, in einem Bunsenschen Brenner verbrannt, indem Sauerstoff dazu geleitet wird, gibt ein helles Licht, bei welchem Chlorknallgas explodiert[5]); trotzdem ist das Licht als ein wenig aktinisches zu bezeichnen (Monckhoven[6]).

V. Gasglühlicht.

Das Auersche Gasglühlicht findet nicht nur für allgemeine Beleuchtungszwecke, sondern auch zu photographischen Zwecken vielfache Verwendung. Der Mantel der Glühkörper besteht nur aus seltenen Erden und fast ausnahmslos aus überwiegenden Mengen von Thoriumoxyd neben ungefähr 1 % Ceriumoxyd[7]). Bei der Fabrikation werden gewirkte Schläuche aus Baumwollfäden hergestellt, an dem einen Ende durch Aufnähen eines Gewebestückes verstärkt, dann wird das Ganze durch Eintauchen in eine Lösung von Thorium- und Cernitrat imprägniert, getrocknet, über einem Formholz gestreckt, mittels Platin- oder Asbestfäden an den Drahtträgern befestigt und dann abgebrannt. Es bleiben reine Oxyde mit der äußeren Form der Gewebestruktur zurück.

Das Auersche Gasglühlicht liefert für gewöhnlich Licht von etwa 60—80 Kerzen Helligkeit bei normalem Gasdruck. Bei erhöhtem Gasdruck, beziehungsweise beim Zuleiten von Luft unter größerem Druck (Preßluft) leuchten die Glühkörper wesentlich mehr, jedoch gehen sie dann rascher zugrunde[8]).

---

1) Wagners Jahrber. chem. Technol. 1872, S. 856.
2) Phot. Korresp. 1870, S. 208, aus Bulletin Belge Phot.
3) A. a. o.
4) Dinglers Polytechn. Journ. 1875, Bd. 216, S. 93.
5) Brit. Journ. Phot. 1871, S. 23.
6) Bulletin Soc. franç. Phot. 1871, S. 210.
7) Über die Rolle des Thoriums und Ceriums als Leuchtsalze in den Glühstrümpfen des Auerschen Gasglühlichtes siehe R. Bunte, Chem. Zentralbl. 1904, II., S. 1627.
8) Über Preßgasanlagen s. Bonté-Schaefer, Phot. Chronik, Dez. 1910, I, S. 2.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Die Auerschen Gasglühkörper wurden seit 1892 an der k. k. Lehr- und Versuchsanstalt für Photographie in Wien nicht nur zu Vergrößerungen auf Bromsilberpapier (mittels eines Kondensors) verwendet, sondern auch zur Mikrophotographie und als Lichtquelle zum Kopieren von Gaslichtpapier oder Autochromplatten[1]) oder dgl. haben sie sich daselbst bewährt (Eders Jahrb. f. Phot. 1893, S. 399), wenn auch derzeit in vielen Fällen dem elektrischen Lichte der Vorzug gegeben wird.

Für Porträtaufnahmen kann das Auersche Gasglühlicht mit dem elektrischen Licht oder Magnesiumlicht nicht konkurrieren.

Immerhin ist es möglich, mit einer großen Anzahl von Auerlampen in 10 bis 12 Sekunden Porträtaufnahmen zu machen[2]).

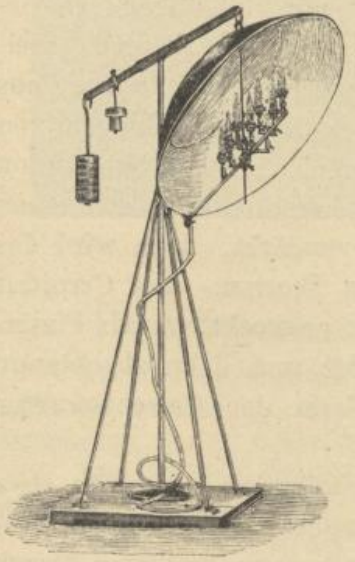


Fig. 273. Gasglühlicht mit Reflektor.

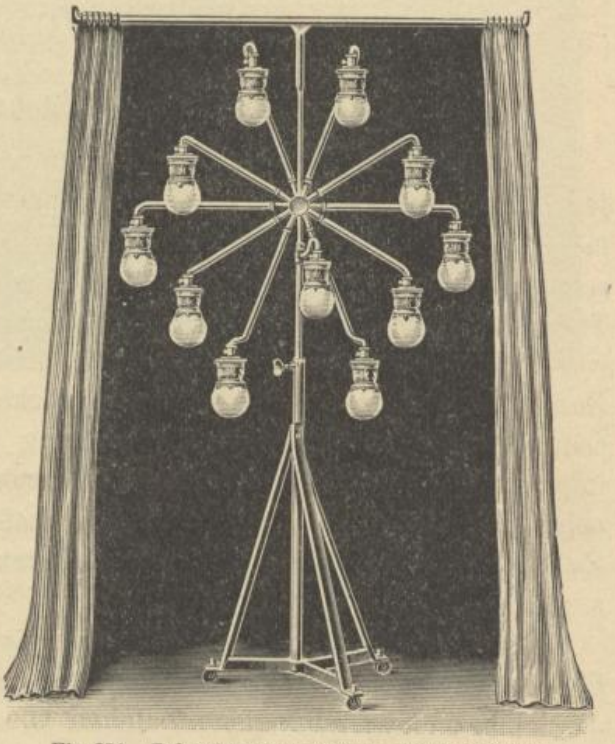


Fig. 274. Beleuchtungsvorrichtung mit Gasglühlicht.

Adamson in London[3]) brachte Auersches Gasglühlicht innerhalb eines hohlen Reflektors von ca. 120 cm Durchmesser an, und gab dem Beleuchtungsapparat die in Fig. 273 abgebildete Form.

Das Gasglühlicht wurde von Graetz in eine neue Form gebracht, wobei das Gaslicht nach abwärts brennt (Graetzinlicht). Das Licht

1) Um Autochromplatten oder die Farbrasternegative der Neuen Photographischen Gesellschaft mit den Kraynschen Films bei Gasglühlicht kopieren zu können, müssen bläulich nuancierte Glasplatten vor die Lichtquelle geschaltet werden.

2) Seegest benutzte 17 Gasglühlampen (Eders Jahrb. f. Phot. 1895, S. 456). Vgl. auch Joé, Phot. Wochenbl. 1894, S. 151.

3) Eders Jahrb. f. Phot. 1897, S. 343.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

fällt in guter Ausnutzung hell nach unten und bietet gute Beleuchtungsmöglichkeiten auch für Porträtaufnahmen [1]).

Durch Vermehrung der hängenden Gasglühlichtlampen auf elf erzielte Ant. Cremer in Darmstadt [2]) mit der in Fig. 274 abgebildeten Anordnung gute Helligkeit für photographische Aufnahmen.

Auch die „Howellite"-Porträtlampe, welche Henry Howell in London (1911) mit gewöhnlicher Leuchtgasinstallation in den Handel brachte und deren Anordnung Fig. 275 zeigt, macht von abwärts brennenden Glühstrumpflampen Gebrauch.

Jahr erwähnt, daß man Porträtaufnahmen bei Auerschem Gasglühlicht mit Preßluft machen könne, welches bei genügend hohem Druck der Gase eine Helligkeit von 600 Kerzen bei einem stündlichen Gasverbrauch von ca. 400 Liter zu erreichen gestatte; der Druck der Gase wird mittels Wasserdruckvorrichtungen erreicht [3]).

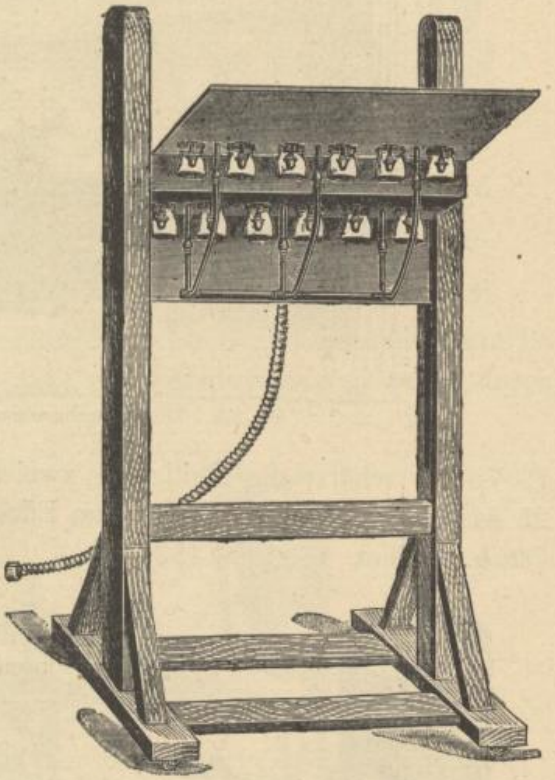


Fig. 275. Howellite-Porträtlampe.

Beim Licht zweier hängender Gasglühlichtkörper (Graetzinlicht) können ganz gut bei genügender Nähe der Lampen photographische Porträts hergestellt werden [4]).

W. S. Ellis errichtete in Philadelphia ein Aufnahmezimmer mit Gasglühlicht in der in Fig. 276 angegebenen Art; das Licht gab 1500 bis 1800 Kerzen Helligkeit; er benutzte das künstliche Licht im Atelier meistens neben Tageslicht als Hilfsbeleuchtung [5]).

Mitunter bringt man hinter Auerschen Gasbrennern einen Reflektor an, um damit kleine Projektionsapparate zu erhellen. Fig. 277 stellt die Anordnung einer derartigen Lampe dar [6]).

1) R. Jahr, Eders Jahrb. f. Phot. 1908, S. 206.
2) Eders Jahrb. f. Phot. 1909, S. 244.
3) Eders Jahrb. f. Phot. 1898, S. 384.
4) Eders Jahrb. f. Phot. 1908, S. 206; vgl. auch Brit. Journ. Phot. 1910, S. 918.
5) Brit. Journ. Phot. Almanac 1911, S. 498.
6) Eders Jahrb. f. Phot. 1903, S. 404.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Das Auergasglühlicht kann zur Not auch für Reproduktionszwecke verwendet werden, kann aber mit elektrischem Licht nicht konkurrieren.

Fig. 276. Ellis' Aufnahmezimmer mit Gasglühlicht.

E. Vogel schätzt die Helligkeit zweier elektrischer Bogenlampen von 25 Ampère mindestens gleich dem Effekt von 100 Auerbrennern (Eders Jahrb. f. Phot. 1899, S. 452).

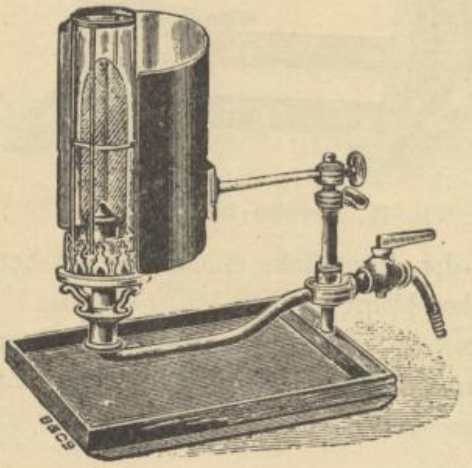


Fig. 277.
Projektionslampe mit Auerschem Gasglühlicht.

Gasglühlicht ist zum Auskopierprozeß wenig geeignet; man benötigt bei einem Lichtabstande von etwa 25 cm 5 bis 10 Stunden Kopierzeit unter einem mittleren Negativ. Dagegen ist es für den Kopier- und Vergrößerungsprozeß mit Hervorrufung sehr gut verwendbar.

Auersche Glühkörper können auch mit Benzinflammen zum hellen Leuchten gebracht werden. Die ersten Apparate dieser Art erfand Fabricius in Wien im Jahre 1889. Sie wurden an der k. k. Graphischen Lehr- und Versuchsanstalt in Wien erprobt und beschrieben (Phot. Korresp. 1889, S. 271). Später

tauchten mannigfache Apparate dieser Art auf. Auch Marcus in Wien brachte eine Ligroinlampe in den Handel (Phot. Korresp. 1897, S. 343). Eine der beliebtesten Arten des Benzingasglühlichtes ist das Mitalicht, bei welchem jedoch das Benzin auch durch Weingeist ersetzt werden kann (s. unten)[1]).

Größere Verbreitung als das Benzinglühlicht fand das Spiritusglühlicht in seinen verschiedenen Anwendungsformen für Beleuchtungszwecke.

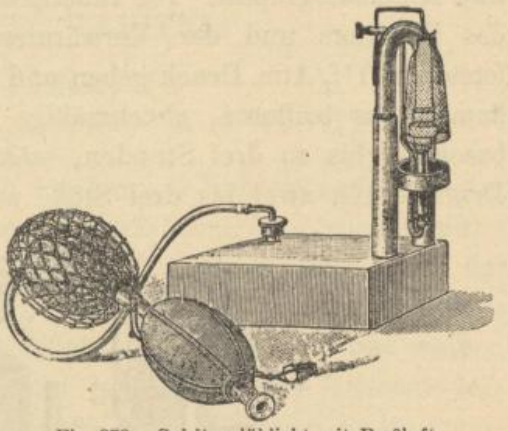


Fig. 278. Spiritusglühlicht mit Preßluft.

Spiritusglühlicht mit gepreßter Luft gibt ein sehr helles Licht, das für Projektion und Vergrößerungen benutzt wird. Fig. 278 zeigt die Form, welche Kenngott in Paris (Niederlage Reutlingen i. Württ.) der Glühlampe gibt (Eders Jahrb. f. Phot. 1905, S. 313).

Eine englische Spiritus-Preßluftlampe für Glühlicht zeigt Fig. 279. Das neben dem Glühstrumpf befindliche Spiritusreservoir wird durch

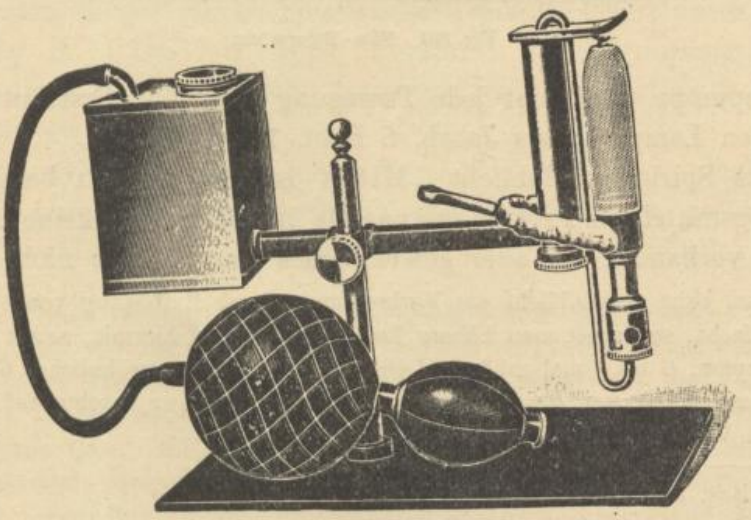


Fig. 279. Spiritus-Preßluftlampe.

eine gabelförmige, mit Spiritus übergossene Vorrichtung vorübergehend erhitzt, bis der Spiritusdampf im Brenner entzündbar ist; dann brennt die Lampe zufolge der eigenen Erwärmung weiter. Preßt man mit

1) Eders Jahrb. f. Phot. 1902, S. 447.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

einem großen Kautschukgebläse Luft hindurch, so wird die Helligkeit der Lampe sehr gesteigert[1]).

Siegel & Butziger in Dresden benutzen für ihr Mita-Reformlicht gleichfalls Spiritus und verwenden die Lichtquelle für Projektion und Kinematographie. Die Inbetriebsetzung der Lampe erfordert: Füllen des Behälters und der Vorwärmeschale mit Spiritus, Anzünden der letzteren, $1^1/_2$ Atm. Druck geben und Spindel aufdrehen (Fig. 280). Sofort flammt das brillante, gleichmäßige Licht auf und brennt ohne Unterbrechung bis zu drei Stunden, während welcher, etwa $^3/_4$ stündig, der Druck durch zwei bis drei Stöße zu ergänzen ist. Die sehr handliche

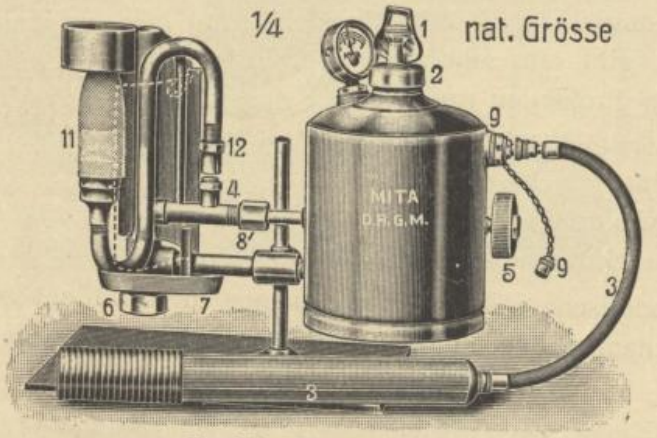


Fig. 280. Mita-Reformlicht.

Schlauchpumpe vermeidet jede Bewegung und jede Erschütterung der zentrierten Lampe (Eders Jahrb. f. Phot. 1908, S. 328).

Das Spiritusgasglühlicht „Mita" ist ein vielfach benutztes Beleuchtungsmittel für Projektionsapparate in Fällen, wo keine elektrische Leitung vorhanden ist oder gewöhnliches Gasglühlicht nicht ausreicht.

Wird beim Gasglühlicht die Verbrennung durch Zuführung von etwas Sauerstoff angefacht, so erzielt man höhere Temperaturen und hiermit, selbst mit kleinen Glühstrümpfen, 6 bis 7 mal größere Helligkeit als mit dem gewöhnlichen Gasglühlicht; solche Flammen brennen ohne Zylinder und Meydenbauer machte auf ihre photographische Verwendbarkeit aufmerksam[2]).

1) Brit. Journ. Phot. 1910, S. 918.
2) Eders Jahrb. f. Phot. 1905, S. 312.

NEUNZEHNTES KAPITEL.

AZETYLEN.

Das Azetylen (Acetylen) ist ein gasförmiger Kohlenwasserstoff von der Zusammensetzung C_2H_2. Es entsteht durch Zersetzung von Kalziumkarbid (CaC_2), welches Handelsprodukt ist, mit Wasser nach der Gleichung: $CaC_2 + 2\,H_2O = Ca(OH)_2 + C_2H_2$. Genügend gereinigtes Azetylen brennt an der Luft in geeigneten Brennern mit fast weißer, heller Flamme. In Sauerstoff verbrennt es mit enormer Hitzeentwicklung[1]). Es werden verschiedene Typen von Azetylen-Erzeugungsapparaten hergestellt (vgl. Lueger, Lexikon der gesamten Technik 1904, Bd. 1 und die Monographie „Das Azetylen" von J. H. Vogel, Leipzig 1910 bei Spamer). Azetylen wird vor seiner Verwendung mitunter gereinigt, was aber für seine gewöhnliche Verwendung nicht unbedingt notwendig ist.

Azetylenreiniger mit Reinigungsmasse gefüllt liefert unter anderen Liesegang in Düsseldorf (sog. „Purator"). Reinigungsmasse wird z. B. auch von der nordischen Azetylenindustrie Fischer & Foß in Altona geliefert.

Das Azetylen muß mit einiger Vorsicht behandelt werden, da bei falscher Behandlung sich Explosionen ereignen können[2]), während bei richtiger Durchführung die Azetylenbeleuchtung ganz gefahrlos ist.

---

1) Le Chatelier fand die Entflammungstemperatur des Azetylens bei ungefähr 400° C., also viel niedriger als bei den anderen zu Leuchtzwecken verwendeten Gasen, welche in den meisten Fällen bei ca. 600° C liegt. Bei der Verbrennung gibt Azetylen gemäß seiner endothermen Konstitution eine viel höhere Temperatur als die anderen Gase. Mit dem gleichen Volumen Sauerstoff verbrannt, gibt es 4000° C., während Leuchtgas nur ca. 2000° C. gibt; diese Eigenschaft kann das Azetylen gut verwendbar für hohe Temperaturen im Laboratorium, sowie für die gewöhnlichen Luftbrenner zu Zwecken der Spektralanalyse machen (siehe daselbst). Das Azetylengas kommt in Metallzylindern komprimiert in Verwendung. Es wurden mehrfach Explosionen von solchen Gaszylindern beobachtet, weshalb Vorsicht geboten ist (Eders Jahrb. f. Phot. 1897, S. 343). Azetylen darf nicht in Gummisäcken aufbewahrt werden, da diese für Azetylen in hohem Grade durchlässig sind (Latern Record; Deutsche Phot.-Ztg. 1898, S. 169; Eders Jahrb. f. Phot. 1899, S. 452).

2) Explosionsgefahr bei Verwendung von Azetylengas kann durch Beimengung von Luft zum Azetylen entstehen; am stärksten wird die Explosion bei dem

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Azetylenlicht wird vielfach zur Beleuchtung von Wohnräumen, Sälen und auch zur Straßenbeleuchtung, für Wagenlaternen usw. verwendet[1]).

Man hat versucht Azetylenlicht als Normallichtquelle zu benutzen (s. S. 86).

Zufolge seiner weißen Farbe ist Azetylenlicht für photographische Zwecke kräftiger wirksam als elektrische Kohlenfadenglühlampen, kann ähnlich wie Gasglühlicht für photographische Zwecke Anwendung finden, steht aber an photographischer Wirksamkeit hinter dem elektrischen Bogenlicht zurück.

Ziemlich häufig wird Azetylenlicht für Projektionszwecke, Vergrößerungsphotographie und dgl. verwendet. Man bringt dann mehrere Azetylenbrenner hintereinander an, um die Helligkeit zu erhöhen, und wendet Reflektoren an. Fig. 281 zeigt eine Lampe mit zwei Azetylenbrennern, Gasregulierschrauben und verstellbarem Hohlspiegel. Fig. 282 eine Projektionslampe mit 4 Brennern, samt Sicherheits-Azetylengenerator von L. Kamm in London, welchen diese Firma (1909) unter dem Namen „Kamms Safety-Acetylengenerator" in den Handel bringt; dabei wird das überschüssig sich bildende Gas in einem Kautschuksack aufgesammelt.

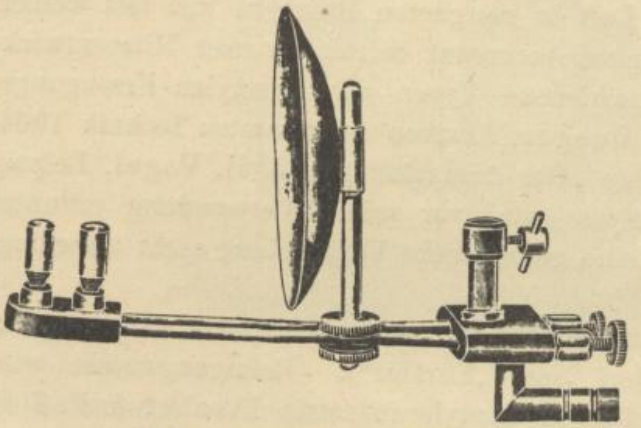


Fig. 281. Azetylenlampe mit Reflektor.

Verhältnisse von 12 Teilen Luft und 1 Teil Azetylen, ferner kann die Explosion unter hohem Druck durch Selbstzersetzung erfolgen. Über die explosiven Eigenschaften des Azetylens stellten Berthelot und Vieille (Compt. rend. 5. Oktober 1896; Phot. Mitt. Bd. 33, S. 304) Versuche an. Azetylen ist eine endothermische Verbindung, bei deren Zersetzung in die Elemente ungefähr dieselbe Wärmemenge frei wird, wie beim Verbrennen eines gleich großen Wasserstoffvolumens zu Wasserdampf; deshalb kann Azetylen sich unter Umständen wie ein Explosivkörper verhalten und z. B. durch die erregende Wirkung von Knallquecksilber explodieren (Eders Jahrb. f. Phot. 1897, S. 344). Die in London gesetzlich erlassenen Vorschriften für Lichtanlagen mit Azetylen sind in Brit. Journ. of Phot. Almanac 1901, S. 979 und Eders Jahrb. f. Phot. 1901, S. 577 enthalten.

1) In Wien wurde im Frühjahr 1897 der Josefsplatz im I. Bezirk mit Azetylen probeweise beleuchtet, jedoch das Azetylen nicht weiter zur Straßenbeleuchtung verwendet (Eders Jahrb. f. Phot. 1898, S. 384).

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Ähnliche Azetylenlampen erzeugen zahlreiche Firmen[1]). Für die eigentliche Porträt- und Reproduktionsphotographie hat das Azetylenlicht nur ganz nebensächliche Verwendung gefunden.

Immerhin ist es möglich, mit einer Anzahl heller Azetylenflammen Porträtaufnahmen zu machen.

Die Deutsche Photographenzeitung 1900, S. 176 publiziert einen Artikel über Porträtaufnahmen bei Azetylenlicht und illustriert die Methode durch zwei Porträtstudien. Es wurden 20 Azetylenflammen à 120 Kerzen Helligkeit auf der Licht- und zwei auf der Schattenseite verwendet, das Licht wurde mittels Pauspapier gedämpft; die Belichtungszeit betrug 16 Sekunden. Die Versuchsanordnung ist am angegebenen Orte genauer mitgeteilt.

Im Kameraklub von St. Catharine, Ontario (Canada), wurde eine Porträtaufnahme mittels Azetylengas (40 Brenner) in zwei bis drei Sekunden mit gutem Erfolge erhalten (Eders Jahrb. f. Phot. 1898, S. 384).

Baurat Dr. Meydenbauer konstruierte zu Reproduktions- und Projektionszwecken einen neuen Reproduktionsapparat mit Azetylenbeleuchtung. Das Azetylenlicht steht zwar hinter dem Gasglühlicht an aktinischer Wirkung um das Doppelte zurück. Es genügt für dreifache Linearvergrößerung eine Belichtung von $^1/_2$ bis 1 Minute, zur Herstellung eines Diapositives 1 bis 2 Minuten. Es ist leicht, die Belichtungsdauer nach der Dichtigkeit des Negatives zu taxieren, da das Azetylenlicht unter gleichbleibendem Drucke in hohem Grade unveränderlich ist. Der Azetylenapparat hat 22 cm Durchmesser und 40 cm Höhe, enthält 600 g Karbid und gibt mit $3^1/_2$ Liter Wasser 240 Kerzenstunden Licht, ausreichend für sechsstündiges Projizieren an der Wand mit 40 Kerzenstärken (Fig. 281) (Phot. Rundschau, Heft 4, 1900; Eders Jahrb. f. Phot. 1901, S. 577).

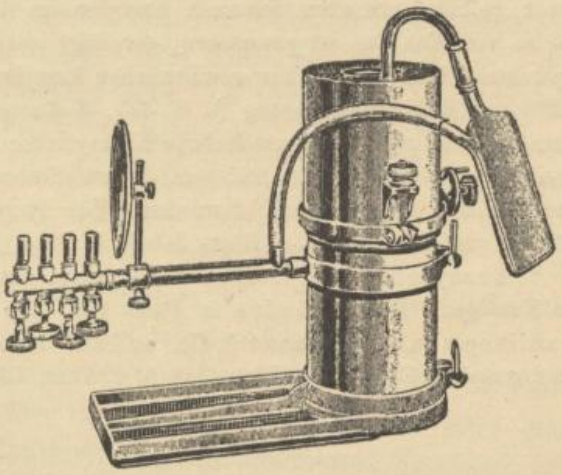


Fig. 282. Projektionslampe mit 4 Brennern.

Für Auskopierverfahren auf Zelloidinpapier usw. ist das Azetylenlicht nicht empfehlenswert (vgl. Hilbert, Jahrb. f. Phot. 1901, S. 577), wenn es auch möglich ist, Kontaktkopien im Kopierrahmen bei genügend langer Belichtung herzustellen.

Azetylen kann auch zur Erzeugung von Gasglühlicht benutzt werden.

Azetylenglühlicht von Boas und Rodrigues ist eine Azetylenflamme, die unter 1,5 m Wasserdruck auf einen Auerschen Gasglühlichtstrumpf geleitet wird;

1) Müller & Wetzig in Dresden, E. Liesegang in Düsseldorf, Gebr. Mittelstraß in Magdeburg, Unger & Hoffmann in Dresden, R. Lechner in Wien u. a. liefern Azetylenapparate.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

beim Verbrauch von 8 bis 10 Litern Azetylen resultiert eine sphärische Helligkeit von 40 bis 50 Bougies decimales (1 Bougie decimale = 1,14 Hefnerkerzen) (Bull. Soc. franç. phot. 1908, S. 131; Eders Jahrb. f. Phot. 1908, S. 377).

Azetylen-Sauerstoffgebläse.

Azetylen in Azeton gelöst ist ein neues, von der Acetylen-Illuminating Company, Ltd., South Lambeth Road, London SW., auf den Markt gebrachtes Handelsprodukt, dessen Herstellung darauf beruht, daß flüssiges Azeton imstande ist, bei normalem Atmosphärendruck und einer Temperatur von 15° C. das 25fache seines Volumens von Azetylen zu verschlucken. Die praktische Ausführung gestaltet sich so, daß Stahlzylinder von geeigneter Größe mit einem porösen Stoffe, z. B. Asbest oder Holzkohle, gefüllt werden, der dann mit einer bestimmten Menge von azetylengesättigtem Azeton getränkt wird; die Mengenverhältnisse werden so bestimmt, daß die Zylinder für jede Atmosphäre Druck Azetylen vom zehnfachen Volumen des Zylinders enthalten. Die auf den Markt gebrachten Zylinder sind mit 10 Atmosphären Druck gefüllt, enthalten demnach Azetylen im 100fachen ihres eigenen Volumens. Das so verfüllte Gas ist gewaschen, gereinigt und getrocknet und auch bei Transport explosionssicher. Außer zur gewöhnlichen Azetylenbeleuchtung kann es statt Wasserstoff zur Kalklichtbeleuchtung (s. S. 497, Fußnote) verwendet werden; doch ist die Hitze dabei so groß, daß gewöhnliche Kalkzylinder schmelzen und statt ihrer Thoriumscheiben verwendet werden müssen, die zu diesem Zweck von der genannten Gesellschaft in den Handel gebracht werden. Für Projektionsvorführungen bietet die Einrichtung vielleicht Vorteile (Eders Jahrb. f. Phot. 1908, S. 377).

Azetylen-Sauerstoffgebläse geben ein helles, aktinisches Licht, ähnlich wie Knallgas. F. Alexandre in Paris (53, Rue Blanche), sowie die Société des Etablissements Gaumont & Co. in Paris bringen solche Apparate in den Handel (Photograph 1909, S. 68; Eders Jahrb. f. Phot. 1909, S. 248).

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

ZWANZIGSTES KAPITEL.

OXY-HYDROGEN-KALKLICHT UND VERWANDTES.

Im Jahre 1826 fand Drummond[1]), daß der zur heftigsten Weißglut erhitzte Kalk[2]) ein sehr intensives Licht gebe (Drummondsches Kalklicht), welches man, wenn hinter ihm ein Brennspiegel angebracht ist, 68 englische Meilen weit sieht. Die Tatsache, daß dieses Licht nicht nur auf Chlorknallgas, sondern auch auf Chlorsilber einen merklichen Einfluß ausübt, war schon 1840 bekannt (s. Bd. I, 1. Teil, S. 326).

Später fand man, daß nicht nur Kalk, sondern auch Zirkonerde, Magnesia, Ton in der Weißglut hell leuchten und daß zur Hervorbringung der erforderlichen Temperatur Sauerstoff-Wasserstoff, Sauerstoff-Leuchtgas, Sauerstoff-Weingeist, Sauerstoff-Äther, Sauerstoff-Azetylen (vgl. S. 496 und 504) usw. benutzt werden können.

Den zum Drummondschen Lichte notwendigen Sauerstoff kann man in komprimiertem Zustande in Stahlzylindern kaufen oder man stellt sich ihn selbst durch Erhitzen von Kaliumchlorat gemischt mit Braunstein dar.

Die Herstellung des Sauerstoffes geschieht in kupfernen Retorten, indem man einen Teil gepulverten Braunstein (Mangansuperoxyd) und zwei Teile kristallisiertes (etwas zerdrücktes) Kaliumchlorat mischt und erhitzt. Da infolge der heftigen Gasentwicklung viel Braunsteinpulver mitgerissen wird, so wäscht man das entweichende Gas in einer mit Wasser gefüllten Wulffschen Flasche.

Obschon stärkeres Kalklicht mittels des Sauerstoff-Wasserstoffgebläses erhalten wird, so zieht man dennoch allgemein das Sauerstoff-Leuchtgasgebläse vor, weil das Leuchtgas bequemer und billiger zu beschaffen ist und weil die Helligkeit des erzielten Lichtes in letzterem Falle nicht allzusehr hinter dem erstgenannten zurückbleibt (s. S. 504).

---

1) Der eigentliche Erfinder des Oxy-Hydrogen-Kalklichtes war Guerney (s. Eders Geschichte d. Photogr., 1905, S. 326).

2) Ursprünglich erzeugte Drummond sein Licht dadurch, daß er gegen eine Kugel aus Kreide aus mehreren Röhren Weingeist spritzte und aus anderen Sauerstoff daraufblies. Der im Sauerstoff verbrennende Weingeist erhitzte die Kreide zum stärksten Glühen.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Eine gute Form des Knallgasgebläses zeigt die Fig. 283, welche den Zweck hat, daß Sauerstoff und Wasserstoff (oder Leuchtgas) erst an der Mündung im Momente des Verbrennens sich vermischen, weil sonst eine heftige Explosion entstehen würde. Man leitet in die äußere Röhre *W* den Wasserstoff, in die innere *S* den Sauerstoff. Um den Kalkzylinder leicht ins Glühen zu bringen, wird er an einem Metallbehälter befestigt und das Gebläse schräg dagegen gerichtet.

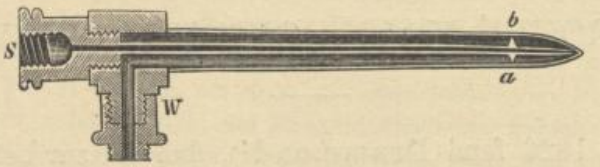


Fig. 283. Knallgasgebläse.

Fig. 284 zeigt einen Brenner mit schräg aufgebogener Düse und verstellbarem Halter für den Kalkzylinder.

Eine gute Konstruktion zeigt der Linnemannsche Brenner; bei demselben ist die Einrichtung derart getroffen, daß der Sauerstoff mit dem Leuchtgas erst außerhalb der Düse die vollständige Verbrennung gibt und deshalb kommt der Kalkzylinder leichter in starke Glühhitze.

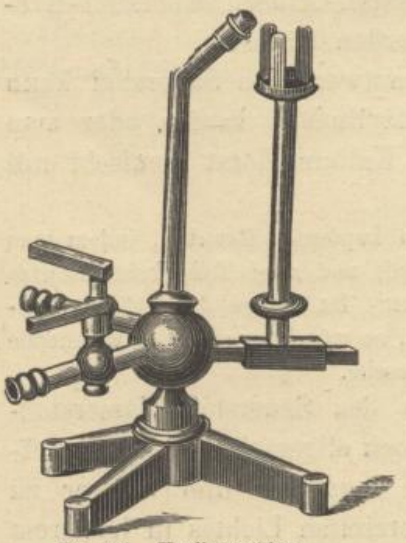


Fig. 284. Knallgasgebläse.

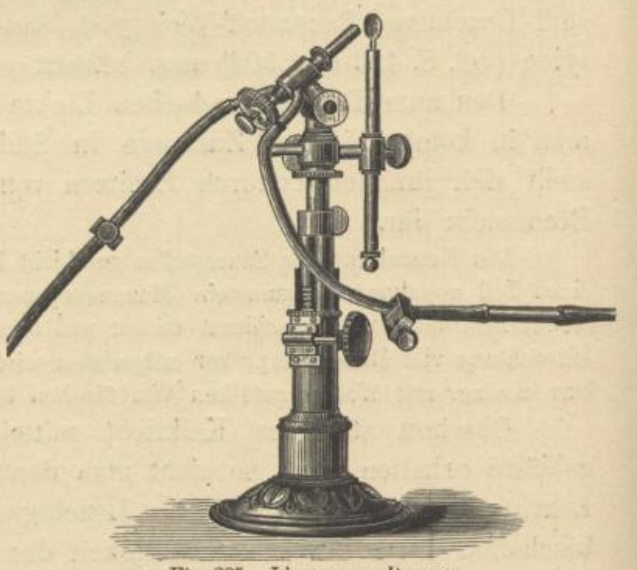


Fig. 285. Linnemann-Brenner.

Fig. 285 zeigt den von Schmidt & Haensch in Berlin in den Handel gebrachten Linnemann-Brenner fertig zusammengestellt[1]). Fig. 286 gibt ein Bild der inneren Einrichtung. Das in *a* einströmende Leuchtgas tritt in den hohlen Raum der Düse, umkreist den Zylinder,

1) Eders Jahrb. f. Phot. 1889, S. 272.

welcher durch *c* verstellbar ist und den Leuchtgaszutritt reguliert. In *b* tritt der Sauerstoff unter 10mal größerem Druck durch vier Löcher ins Innere der Schraube *c* ein, um mit Vehemenz aus der Bohrung *D* dieser Schraube zu entweichen; *d* dient zur Regulierung des Sauerstoffzutrittes. Die Flamme brennt klein und schwach leuchtend, ist aber enorm heiß.

Für 60 Kerzen Helligkeit braucht man 24 Liter Leuchtgas und 15 Liter Sauerstoff pro Stunde; für 200 Kerzen 48 Liter Leuchtgas und 44 Liter Sauerstoffgas.

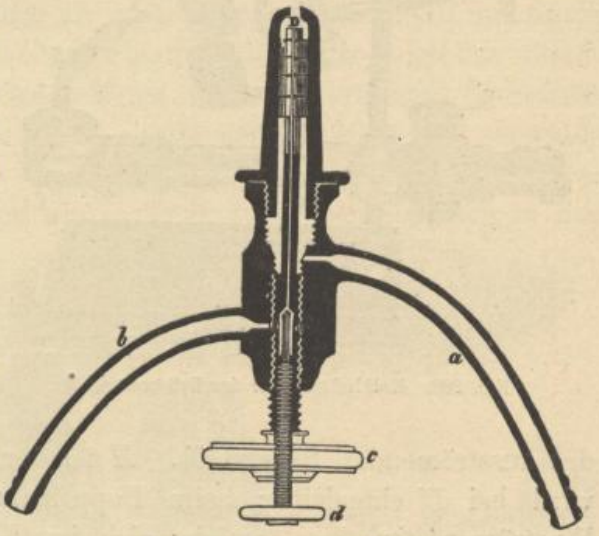


Fig. 286. Linnemann-Brenner.

Besondere Kalklichteinrichtungen für Projektionszwecke werden von verschiedenen Firmen, insbesondere auch von den Fabriken von komprimiertem Sauerstoff und Wasserstoff (z. B. von der Sauerstoffabrik, G. m. b. H., Berlin, Tegeler Straße 15, gegründet von Elkan 1889, von den Drägerwerken in Lübeck, welche auch Reduzierventile für die Sauerstoffflaschen erzeugt) geliefert. Der Sauerstoff wird in den Flaschen auf den Druck von 100 bis 150 Atmosphären komprimiert.

Die Anordnung eines Kalklichtbrenners, welcher hoch und tief verstellbar ist, und bei welchem der Kalkzylinder gedreht, gehoben und gesenkt werden kann, zeigt Fig. 287 von Paul Kleye in Leipzig-Schleußig, welche Firma solche Apparate erzeugt. Ähnlich sind die von E. Liesegang in Düsseldorf in den Handel gebrachten Brenner.

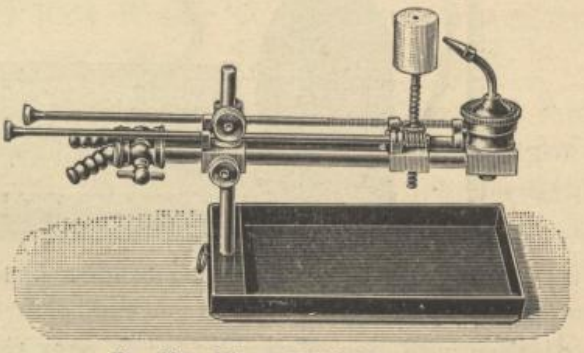


Fig. 287. Kleyes Kalklichtbrenner.

Eine andere Form des Kalklichtbrenners der Drägerwerke in Lübeck, wie ihn Lechner (W. Müller) in Wien in den Handel bringt, zeigt Fig. 288. Der Brenner *CE*, welcher ebensowohl mit Leuchtgas, Wasserstoff, Azetylen als Gasolin brennt, ist am Ständer mit der Schraube *B* festzustellen. Bei *S* und *G* wird der Zutritt von Sauerstoff und Leucht-

gas reguliert. Bei L kann der Kalkzylinder K gehoben oder gesenkt, bei P genähert oder entfernt werden. Dieser Brenner liefert mit 1 Liter Sauerstoffverbrauch pro Minute etwa 260 Kerzen Helligkeit, mit 3 Liter Sauerstoff ca. 900 Kerzen, mit 4 Liter Sauerstoff pro Minute ca. 1400 Kerzen Helligkeit.

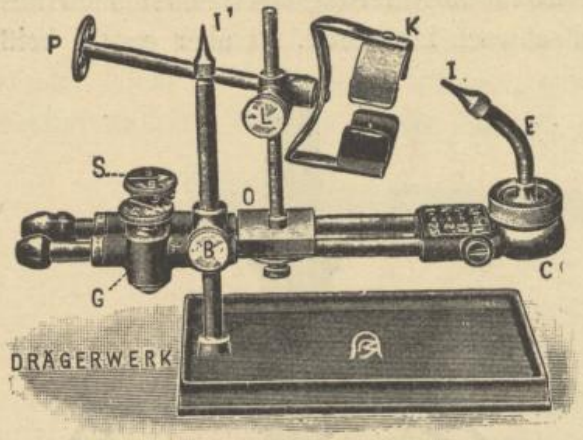


Fig. 288. Kalklichtbrenner der Drägerwerke.

In Fig. 289 ist V der Verschlußhahn der Stahlflasche; bei A wird das Reduzierventil mit Stellschraube, Anzeiger des verbrauchten Gasvolumens (Inhaltsmesser „Finimeter“ F) und Manometer (M) angeschraubt; bei R erfolgt die Feinregulierung des ausströmenden Sauerstoffs. H ist der Ventilhahn. Das Leuchtgas wird bei U eingeleitet; beim Doppelhahn SG erfolgt das getrennte Einströmen der Gase, welche sich im Knallgasgebläse bei der Düse

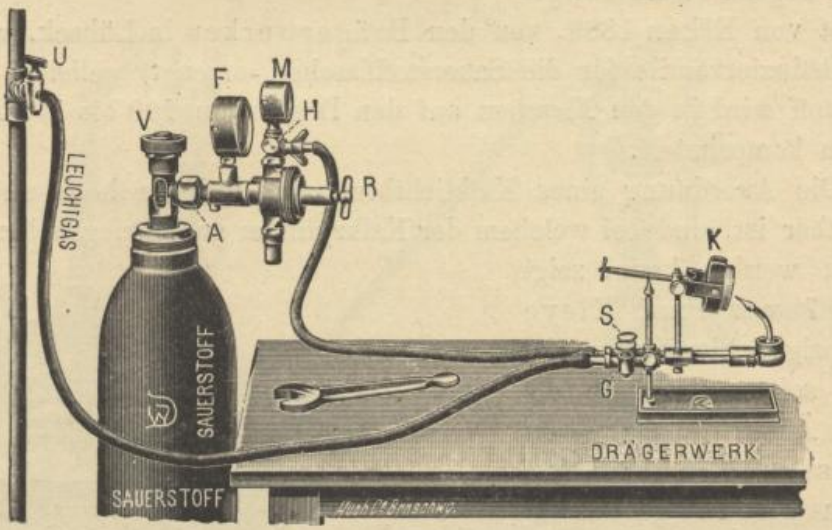


Fig. 289. Kalklichtanordnung der Drägerwerke.

mischen und den Kalkzylinder K zum Glühen bringen. Fig. 289 zeigt eine derartige Einrichtung der Drägerwerke in Lübeck.

Eine moderne Einrichtung zur Kalklichterzeugung mit Leuchtgas-Sauerstoffgebläse ist die E. Liesegangsche[1]).

1) Projektionsapparate von Ed. Liesegang in Düsseldorf.

Sobald Leuchtgas zur Verfügung steht, wird einerseits die Gasleitung, andererseits der Sauerstoffbehälter mit der Lampe verbunden und die Stichflamme auf einen Kalkzylinder geleitet.

In Ermangelung von Leuchtgas benutzt man Äther. E. Liesegang in Düsseldorf empfiehlt den von ihm erzeugten „Gasator". Das ist ein mehrteiliges Gefäß, welches zu etwa $^3/_4$ mit Äther gefüllt und durch einen Schlauch mit dem Hahn (*J*) Fig. 290 des Liesegangschen Starkdruckbrenners verbunden wird. Wenn man ein kräftigen Sauerstoffstrom in den Brenner eintreten läßt, so übt der Gasstrom eine saugende Wirkung aus, welche etwas Luft durch den „Gasator" saugt; diese sättigt sich mit Ätherdämpfen und gelangt durch den Schlauch in den Brenner, wo er sich mit dem Sauerstoff zu einer intensiven Stichflamme vereinigt.

In der Regel benutzt man Kalkzylinder oder dicke Kalkstifte oder Kalkkegel, mitunter auch runde Kalkscheiben; arbeitet man mit hohem Druck, so empfiehlt sich die Verwendung dickerer Kalkzylinder.

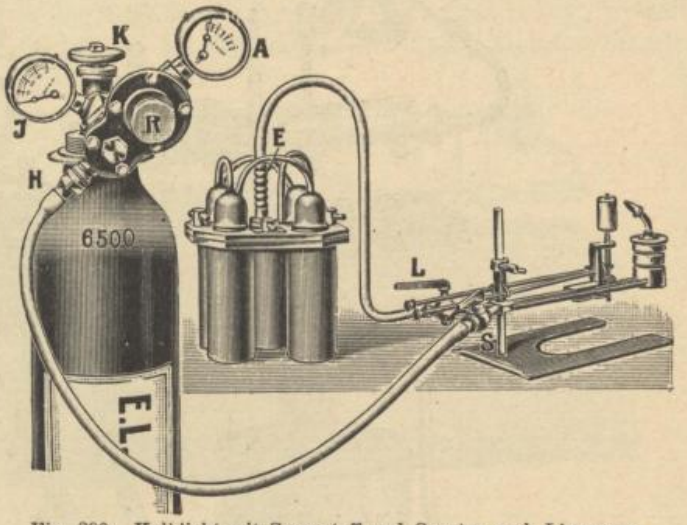


Fig. 290. Kalklicht mit Sauerstoff und Gasator nach Liesegang.

Die Kalkzylinder haben die Unannehmlichkeit, daß sie an feuchter Luft bald zerfallen, indem der Kalk Wasser und Kohlensäure anzieht; sie werden deshalb in dicht verschließbaren Büchsen aufbewahrt.

Die Sauerstoffabrik in Berlin (Tegeler Straße 15) ordnet ihre Projektionseinrichtung für Kalklichtbrenner „Triumph" und Vergaserdose (Gasolin oder Äther) (Fig. 291) folgendermaßen an: *F* Zylinderventil zum Öffnen des Sauerstoffstromes; *J* Inhaltsmesser zum Feststellen des Inhalts im Zylinder; *M* Arbeitsmanometer zum Ablesen des Druckes, mit welchem gearbeitet wird; *O* Öffnungsventil am Projektionsautomaten „Liliput" zum Anlaß des Sauerstoffes; *St* Stellschraube zum Einstellen des Arbeitsdruckes; *H* Sicherheitsventil (an demselben darf nicht gestellt werden); *S* Sauerstoffhahn am Kalklichtbrenner „Triumph", welcher stets vollständig geöffnet sein muß; *G* Gas- resp. Gasolinhahn am Kalklichtbrenner, welcher gleichzeitig zum Einregulieren der Flamme dient; *D* Vergaserdose, welche mit Gasolin $^3/_4$ gefüllt wird; *B* Mundstück am

Kalklichtbrenner; *K* Halter zur Aufnahme der Kalkplatte resp. des Kalkzylinders; *Sch* Schlauchtülle zur Befestigung des Gummischlauches.

Fig. 292 zeigt die Anordnung der Drägerwerke für Kalklicht (*K*) mit Sauerstoff (*S*) und Vergaserdose (*D*); die Figur ist ohne weitere Erklärung verständlich.

Die Drägerwerke empfehlen Benzin- oder Gasolindämpfe für Kalklicht in besonderen „Vergaserdosen", deren Inhalt für 240 Liter Sauerstoff ausreicht; das Gasolin soll leicht flüchtig sein und sein spez. Gewicht nicht über 0,660, höchstens bei 0,70 liegen.

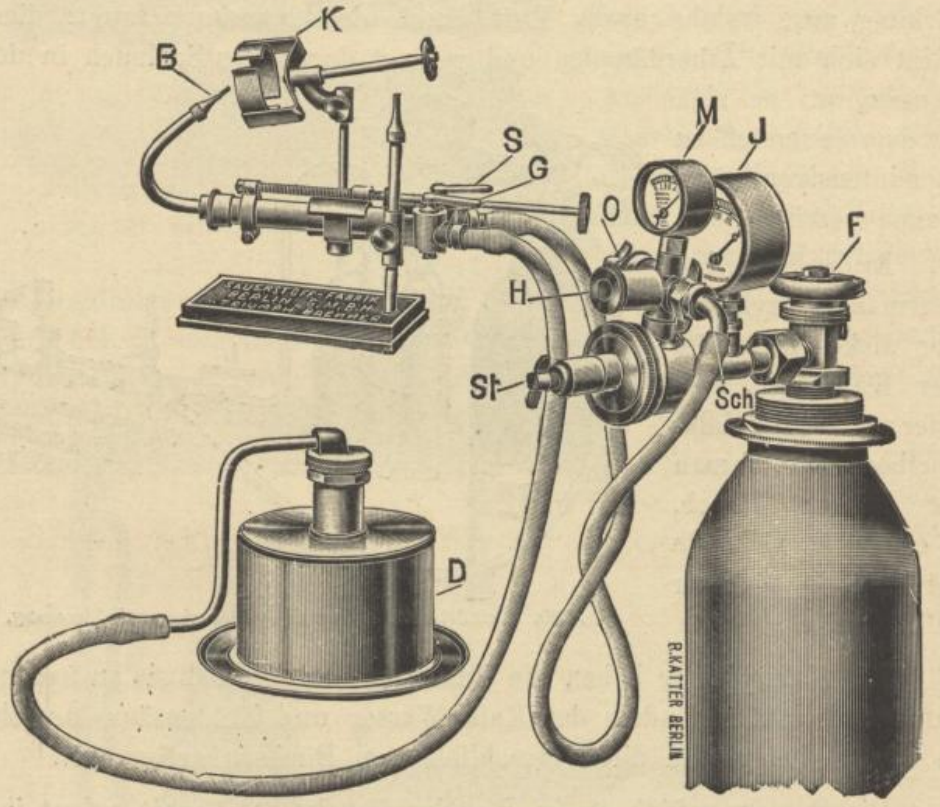


Fig. 291. Projektionseinrichtung mit Kalklichtbrenner „Triumph".

Wird Leuchtgas bei diesen Kalklichtbrennern durch Wasserstoff[1]) ersetzt, so resultiert eine durchschnittlich um 30 Prozent höhere Helligkeit. In ähnlicher Weise werden auch Azetylen-Sauerstoffgebläse benutzt.

Vom Gasolin werden nur etwa $^3/_4$ Teile vergast; der Rest von ca. 30 % brennt nicht mehr und muß fortgegossen werden.

Versuche, den Kalkzylinder durch andere Materialien zu ersetzen und anstatt des Oxy-Hydrogengebläses andere zu verwenden, machte schon Pfaff (Poggend.

1) Auch der Wasserstoff wird komprimiert in Stahlflaschen (ähnlich wie Sauerstoff) versendet. — Das Wasserstoff-Sauerstoffgebläse ist für Projektionsapparate (Laternbilder) sehr geeignet.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Annal. d. Phys. Bd. 40, S. 547). Er fand, daß ein Kalkzylinder, wenn er durch Knallgas erhitzt wurde, die Helligkeit von 153 Kerzen gab, bei Äther und Sauerstoffgas 76, bei Weingeist und Sauerstoff 69, bei Steinkohlengas (Leuchtgas) und Sauerstoffgas 19 Kerzen gab. Ungebrannte Kreide, weißer Ton, Magnesia gaben ein viel weniger helles Licht als gebrannte Kreide.

Drummond verglich das mittels einer mit Sauerstoff unterhaltenen Alkoholflamme erzeugte Glühlicht von Magnesia usw. mit einer Argandschen Lampe (mittels des Rumfordschen Photometers). Er fand das Kalklicht 37mal stärker, Zirkonerde 31, Magnesia 15mal heller als das einer Argandschen Lampe.

Caron in Paris fand dagegen (1868), daß Magnesia ein besseres Licht als Kalk gebe. Aber die Magnesia muß rein sein, namentlich frei von Kieselsäure, welche das Licht auf $^1/_3$ und noch weniger abschwächt (Wagners Jahrber. f. chem. Technolog. 1868, S. 754).

Auch Monckhoven[1]) empfahl Magnesiazylinder, jedoch gab die von ihm benutzte Herstellungsmethode (Phot. Korresp. 1869, S. 214) kein genügend feuerbeständiges Material, da es in der Hitze leicht Risse und Höhlungen bekam, weshalb er wieder zum Kalk griff, indem er Marmorstäbchen ins Knallgasgebläse brachte.

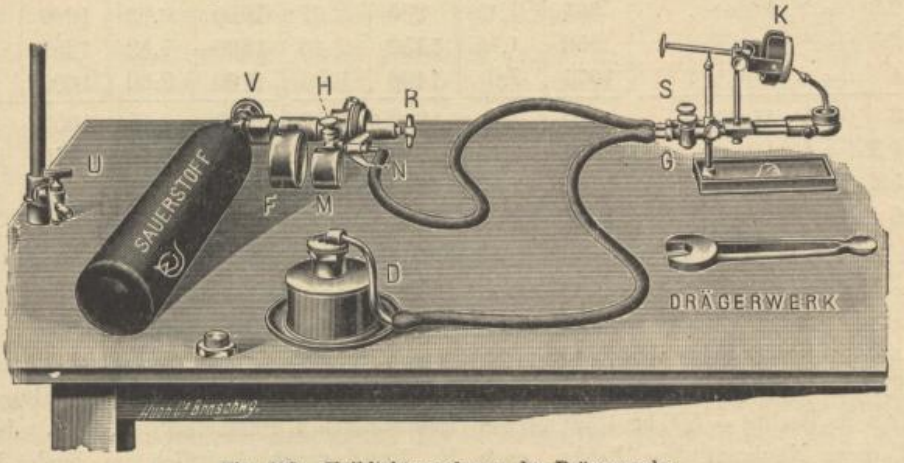


Fig. 292. Kalklichtanordnung der Drägerwerke.

Auch die von Roux empfohlenen Magnesiakugeln (s. Eders Jahrb. f. Phot. 1889, S. 300 und 1896, S. 424) sind nicht genügend feuerbeständig[2]).

Besonders feuerbeständig ist Zirkonerde, welche zuerst von Caron sowie Tessié du Motay empfohlen worden war (Wagners Jahrber. f. chem. Technologie 1869, S. 730). Schmidt & Haensch in Berlin stellen sehr brauchbare Zirkonplatten her, welche in Platinblech gefaßt sind. Sie konnten jedoch die wohlfeilen, gleichfalls gut verwendbaren Kalkzylinder nicht verdrängen.

Um das Kalklicht zu gebrauchen, läßt man einen Strom von Wasserstoff (oder das Leuchtgas) zuerst einige Minuten durch den Apparat strömen, zündet ihn dann an und leitet dann erst allmählich Sauerstoff zu, dessen Zufluß man so regelt, daß das beste Resultat erhalten wird. Würden beide Gase zugleich auf den Kalk geleitet, ehe er Zeit hat, sich gehörig zu erwärmen, so zerspringt er.

---

1) Monckhoven versuchte die Helligkeit des Lichtes durch Zusatz von Titanchlorür zur Magnesia zu steigern (Phot. Korr. 1869, S. 214); Carey Lea tränkte die Kalkzylinder mit Kupfervitriol, um das Licht blauer und wirksamer zu machen (Phot. News 1879, S. 91), jedoch erweisen sich diese Zusätze als nutzlos.

2) Vgl. Eder, Phot. Korr. 1890.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Die Lichtintensität des Kalklichtes richtet sich nach dem Verbrauch von Sauerstoff- und Leuchtgas usw., beziehungsweise nach dem Druck, unter welchem die brennenden Gase auf den Kalkzylinder geleitet werden.

Nähere Auskunft gibt die von den Drägerwerken in Lübeck für ihre Kalklichtbrenner ermittelte nachstehende photometrische Tabelle. Die besonders große Lichtstärke bei Verwendung von Wasserstoff und Azetylen ist in der Tabelle ersichtlich.

	Liter Sauerstoffverbrauch pro Minute	Kerzenstärke und Brenngasverbrauch pro Minute							
		Gasolin und Benzin		Leuchtgas		Wasserstoff		Azetylen	
		Kerzen	Gramm	Kerzen	Liter	Kerzen	Liter	Kerzen	Liter
Tabelle I	1 (= 1/4 Atm.) . .	220	0,5	260	0,99	350	2,15	320	0,90
	1,4 (= 1/2 Atm.) . .	350	0,7	390	1,38	520	3,01	470	1,30
	1,7 (= 3/4 Atm.) . .	465	0,85	520	1,68	700	3,66	620	1,60
	2 (= 1 Atm.) . .	575	1,0	640	1,98	825	4,30	725	1,80
Tabelle II	2 (= 1/4 Atm.) . .	450	1,0	550	1,98	700	4,30	620	1,50
	2,9 (= 1/2 Atm.) . .	665	1,45	950	2,67	1050	6,23	1000	2,0
	3,5 (= 3/4 Atm.) . .	850	1,75	1150	3,46	1300	7,53	1250	2,40
	4 (= 1 Atm.) . .	1075	2,0	1400	3,96	1700	8,60	1600	2,70
Tabelle III	3 (= 1/4 Atm.) . .	750	1,5	900	2,97	1200	6,45	1050	2,30
	4,3 (= 1/2 Atm.) . .	1000	2,15	1200	4,06	1800	9,24	1720	3,0
	5,2 (= 3/4 Atm.) . .	1300	2,60	1600	5,15	2300	11,19	2100	3,60
	6 (= 1 Atm.) . .	1500	3,0	2000	5,95	3000	12,90	2700	4,10

Dr. R. Neuhauß verglich die Helligkeit verschiedener für Projektionszwecke geeigneter Lichtquellen und fand: Auersches Gasglühlicht = 84 Kerzen, Azetylenlicht (Apparat von Unger & Hoffmann in Dresden) = 90, Zirkonlicht (Linnemann-Gebläse von Schmidt & Haensch in Berlin) mit Sauerstoff-Leuchtgas = 95, mit Kalkzylinder (Marmorblock) 350 bis 950 Kerzen, Kalklicht (Einrichtung von Elkan in Berlin) = 500 bis 1390 Kerzen (Eders Jahrb. f. Phot. 1898, S. 385). Jedoch sind diese Neuhaußschen Zahlen nach H. Krüß durchschnittlich zu hoch (Eders Jahrb. f. Phot. 1898, S. 385).

Marktanner-Turneretscher (Liesegangs „Phot. Almanach" 1899) untersuchte Kalklicht-Knallgasbrenner verschiedener Provenienz photometrisch gemeinsam mit Prof. Dr. Pfaundler in Graz. Er fand, daß Liesegangs Starkdruckbrenner (36 Mark) mit Leuchtgas aus der Leitung und Sauerstoff aus Stahlzylindern 530 Kerzen Leuchtkraft, bei Anwendung von 40 cm Wasserdruck für Leuchtgas sogar 900 Kerzen Helligkeit gab. Der Linnemannsche Brenner gab nur 100 bis 180 Kerzen. Azetylen-Doppelbrenner lieferten 100 Kerzen (Eders Jahrb. f. Phot. 1899, S. 452).

Über den Einfluß von Unreinigkeiten im Sauerstoff, bezüglich der Helligkeit von Drummondschem Kalklicht (Oxygen-Leuchtgas), stellten Haddon und Grundy Versuche an. Sie fanden, daß ein Kubikfuß der Gasmischung unter Anwendung von käuflichem Sauerstoff (welcher mit 3,5 % Stickstoff verunreinigt war) 39 Kerzen Helligkeit im Knallgasgebläse für Kalklicht gibt, während Sauerstoff, welcher mit 20,5 % Stickstoff gemischt war, nur 20 Kerzen, mit 30 % Stickstoff nur 18 Kerzen und mit 63 % Stickstoff gemischt sogar nur 4 Kerzen Helligkeit erzeugt (Brit. Journ. of Phot. 1894, S. 76; Eders Jahrb. f. Phot. 1895, S. 453).

Die photochemische Wirksamkeit des Zirkon- und Magnesia-Knallgaslichtes wurde von Eder im Quarz-Spektrographen geprüft. Es ergab sich, daß beide Lichtquellen annähernd dieselbe Intensität im Blau, Violett und Ultraviolett hatten.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Zum Erhitzen des Kalkzylinders kann auch eine durch Sauerstoff angefachte Weingeistlampe dienen (Monckhoven[1]).

Das Sauerstoff-Alkohollicht wurde mehrfach, z. B. von Haack[2]), empfohlen. Auch Harnecker hat sich desselben mit einigen Modifikationen bedient[3]). Später mischte Harnecker dem Kalk nebst Magnesia noch gepulverten Olivin zu („Olivinlicht"), vermöge dessen das Licht weißer und aktinischer wird.

Harnecker erzeugte damit Vergrößerungen. Eine dadurch beleuchtete Kabinettphotographie nahm er mit einem Porträtobjektiv in 50 Sekunden auf nassen Platten auf.

Über Äther-Sauerstofflicht älterer Form s. Hardwich (Phot. Wochenbl. 1881, S. 79; 1883, S. 161; 1889, S. 39). — Ferner s. Moltenis Äther-Sauerstofflampe (Phot. Korresp. 1898, S. 82).

Fig. 293 zeigt einen Lichtkondensor für solche Zwecke. Das Knallgasgebläse ist in einem Eisenblechkasten C eingeschlossen; das Zirkonplättchen x ist im Brennpunkte eines Linsensystems b, welches das Licht sammelt und in den Apparat wirft. Kalklicht wird seit vielen Jahren zu Vergrößerungen, für Projektionszwecke, für Mikrophotographie usw. verwendet[4]), wenn auch seine Verwendung durch das elektrische Licht sehr stark eingeschränkt wurde.

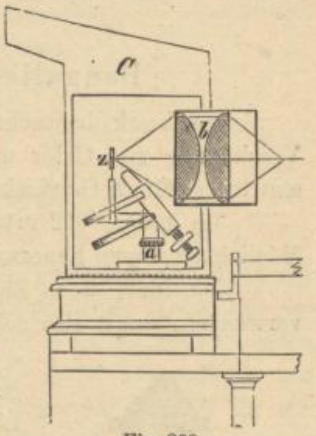


Fig. 293.
Kalklicht mit Kondensor.

Porträtaufnahmen mit Drummondschem Licht.

Das Drummondsche Licht war von Hill (1851) zur Aufnahme von Porträts auf Daguerreotypplatten benutzt worden; das grelle Licht wurde durch blauen Musselin gedämpft. Die Exposition dauerte 45 bis 80 Sekunden (Daguerreian Journ. 1851, Bd. 1, S. 217). Jedoch bewährte es sich bei Porträtaufnahmen nicht, weil das Licht wesentlich schwächer als das Magnesiumlicht oder das elektrische Licht ist.

Gelungenere Versuche zu Porträtaufnahmen bei Kalklicht stellte A. Scott an (Brit. Journ. Phot. 1885, S. 437; Phot. Wochenbl. 1885, S. 241); derselbe brachte 6 Kalkzylinder bei starkem Gasdrucke zum Glühen; durch Aufstellen einer dünnen nassen Leinwand wurde das Licht zerstreut; dadurch ermöglichte er auf Bromsilbergelatine die Aufnahme von Porträt-Brustbildern in 6 Sekunden. Diese Art der Verwendung des Kalklichtes ist jedoch praktisch wertlos. Nur für Mikrophotographie, Projektions- und Vergrößerungsverfahren findet diese Beleuchtungsart für den Fall, daß kein elektrisches Licht zur Verfügung steht, hier und da noch praktische Verwendung.

1) Phot. Korresp. 1870, Bd. 7, S. 23.

2) Phot. Korresp. 1871, Bd. 8, S. 31.

3) Stein, Das Licht, 1877, S. 81; Phot. Mitt. 1870, Bd. 6, S. 242 und 262.

4) Vgl. Eder (Phot. Korresp. 1888, S. 402); Jeserich, Die Mikrophotographie unter besonderer Berücksichtigung des Kalkliches 1888; Marktanner-Turneretscher, Mikrophotographie 1890.

EINUNDZWANZIGSTES KAPITEL.

BENGALISCHES FEUERWERK.

Bengalisches Weißfeuer und Verwandtes.

Seebeck beobachtete schon 1812, daß indianisches Weißfeuer die heftige Vereinigung von Chlor und Wasserstoff (Chlorknallgas) bewirkt, so daß Verpuffung eintritt (s. Eders Geschichte d. Photogr., 1905, S. 120).

Im Jahre 1852 erwähnte Lucenay und 1854 Gaudin und Delamarre die Möglichkeit, einen Feuerwerkssatz und Harz zu photographischen Zwecken zu benutzen.

Die Idee, einen Zündsatz als Lichtquelle bei photographischen Aufnahmen zu verwenden, findet sich schon 1852 in einem englischen Patente Lucenays vor.

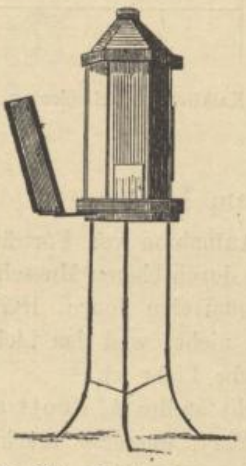


Fig. 294. Moules Laterne für bengalische Flammen.

Gaudin und Delamarre ließen sich 1854 ein Patent geben, welches darin bestand, Porträts (außer bei elektrischem Lichte, s. Kapitel XVII) beim bengalischen Feuer eines Gemenges von chlorsaurem Kali, Schwefel, Zucker und Harz in 2 bis 3 Sekunden zu erhalten. Die Flamme wurde in den Brennpunkt eines elliptischen Spiegels aus verzinntem Kupferblech gebracht[1]).

Moule nahm 1857 (18. Februar) ein spezielles Patent auf die Verwendung von Zündsätzen zur Beleuchtung, wobei er auch der etwa hierbei mit Vorteil zur Dämpfung des Lichtes verwendbaren Reflektoren oder farbigen Gläser gedenkt[2]). Sein Patent lautete auf sein künstliches Licht und die dazu gehörige Laterne; er ignorierte die Publikationen und Patente seiner Vorgänger.

Die mit Glas ganz geschlossene Laterne (Fig. 294) war aus verzinktem Eisen gemacht und hatte am Oberteile ein weites Rohr, welches die beim Verbrennen der Masse sich entwickelnden erstickenden Dämpfe ab- und in das Freie leitete. An der Rückseite der Laterne ist auf der Figur der Spiegel ersichtlich; an der der Person zugewendeten Seite wurde eine hellblaue Tafel eingeschoben. Zum Gebrauch wurde die Laterne auf ein Gestell, das gehoben und gesenkt werden konnte, gesetzt, und in die darin befindliche eiserne, am Boden mit Sand bedeckte Schale eine hinreichende Menge von Feuerwerkssatz gegeben. Die aufzunehmende Person wurde 2 bis 4 Fuß vom Apparate entfernt postiert, und die Schale beiläufig in die gleiche Höhe mit dem Kopf gebracht. Das Bild wurde bei Lampen- oder Kerzenlicht eingestellt und die nasse Kollodiumplatte in die Kamera gebracht. Die Exposition dauerte 15 bis 20 Sekunden.

---

1) Kreutzer, Zeitschr. f. Phot. 1861, Bd. 3, S. 110, aus La Lumière, S. 109.

2) Abridgements of the Specifications relating to Photogr. 1861, S. 82; Kreutzer, Jahrber. f. Phot. 1857, S. 528; Journ. of Phot. Soc. London, Bd. 4, S. 99.

SLUB Wir führen Wissen.
gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Moule photographierte 1857 bei bengalischem Lichte; er verkaufte damals die Beleuchtungsmasse, ohne deren Zusammensetzung bekannt zu machen und längere Zeit kam „Moules Photogenic Composition" in England in den Handel. Durch Schnauß[1]), Wulff[2]), Gulliver[3]), Harman[4]), Boll[5]), Junghans[6]) wurden dann die Mischungsverhältnisse zu solchen Zündsätzen veröffentlicht. Im folgenden sind sie tabellarisch zusammengestellt:

	Seebeck Teile	Schnauß Teile	Wulff Teile	Gulliver Teile	Harman Teile	Boll Teile	Junghans Teile
Salpeter . . .	24	112	300	6	864	2	4
Schwefelblumen	7	42	100	2	288	2	2
Schwarzes Schwefelantimon	—	12	20	1	48	1	1
Realgar . . .	2	—	40	—	—	—	—
Kohle	—	—	—	—	24	—	—

Jeder der Bestandteile wird für sich getrocknet, fein gepulvert und dann erst gemischt. Die Mischung hält sich bei Ausschluß von Feuchtigkeit lange Zeit unverändert. Die Sätze mit Realgar (Schwefelarsen) sind mit Vorsicht zu verwenden, weil die bei der Verbrennung sich entwickelnden Dämpfe giftig (arsenhaltig) sind, was bei den andern Mischungen nicht der Fall ist. In allen Fällen muß für eine gute Ableitung der erstickenden Verbrennungsgase (schweflige Säure usw.) gesorgt werden, damit weder die zu photographierende Person, noch die Nachbarschaft belästigt wird. (Am besten: Ableiten in einen hohen Schornstein.)

Das bengalische Weißfeuer wird in zylinderförmige Päckchen von Papier abgeteilt, welche so viel Zündsatz enthalten, daß man bei einer Aufnahme reichlich ausreicht. Man erzeugt sie leicht, indem man Papier über eine runde Holzstange (ca. 5 cm dick) aufrollt, den Rand festklebt und mit der Mischung füllt.

Gemische mit chlorsaurem Kali geben ein sehr intensives Licht. So das von Schnauß[7]) angegebene Gemisch von 4 Teilen chlorsaurem Kali, 2 Teilen Schwefel und 1 Teil Zucker, oder Gaudins Gemisch von 6 Teilen chlorsaurem Kali, $1^1/_2$ Teilen Schwefel und $^1/_2$ Teil Zucker[8]) explodiert leicht durch Schlag und ist gefährlich; ähnliches gilt von dem von Edelmann[9]) vorgeschlagenen Gemisch von Schwefelantimon und pikrinsaurem Ammoniak.

Borlinetto hatte bereits im Jahre 1867 darauf aufmerksam gemacht, daß Gemische von gleichen Teilen Pikrinsäure und Kaliumchlorat sehr rasch mit bläulichweißem Lichte verbrennen. Im Jahre 1887 griff er die Versuche (angeregt durch Gaedicke-Miethes Blitzlicht) wieder auf und fand, daß man mit 6 g des Gemisches

---

1) Phot. Archiv 1860, S. 110.
2) Bulletin Soc. franç. Phot. 1860, S. 190; Kreutzers Zeitschr. f. Phot. Bd. 2, Seite 229.
3) Bulletin Soc. franç. Phot. 1872, S. 166.
4) Phot. News 1879, S. 138; Bulletin Soc. franç. Phot. 1879, S. 87.
5) Phot. Mitt. Bd. 17, S. 189.
6) Ebendaselbst.
7) Schnauß, Phot. Lexikon 1864, S. 211.
8) Phot News 1879, S. 106.
9) Brit. Journ. of Phot. 1873, S. 444.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

eine Porträtaufnahme herstellen kann (Phot. Korresp. 1887, S. 458; aus Moniteur de la Phot. 1887, S. 133).

Frewing empfahl ein Weißfeuer aus 34 Teilen Salpeter, 12 Teilen Schwefel und 5 Teilen Auripigment (Schwefelarsen) zu Aufnahmen von Linienzeichnungen auf nassen Platten, wozu 130 bis 170 g des Feuerwerkssatzes notwendig sind (Phot. News 1884, S. 284; Phot. Wochenbl. 1884, S. 284.)

Da diese bengalischen Weißfeuer nicht nur weitaus lichtschwächer sind als Magnesiumlicht und überdies noch erstickende Dämpfe geben, welche bei der Anwendung von Auripigment sogar die heftig giftige, arsenige Säure entwickeln, so sind sie mit Recht außer Gebrauch gesetzt worden.

Der alte Moulesche Apparat wurde 1878 wieder hervorgesucht und von den Engländern Alden und Clarke mit einigen Modifikationen 1878 patentiert und neu in die Praxis als „Luxograph" eingeführt (Phot. News 1878, S. 548; 1879, S. 90 und 105).

Das Wesen ihrer Neuerung bestand darin, daß die Laterne, worin der Feuerwerkssatz abgebrannt wurde[1]), mit matten Scheiben und einem großen Reflektor versehen wurde, wodurch das Licht zerstreut und gedämpft wurde und die damit beleuchteten Porträts in mildem Lichte erschienen. Durch ein Abzugsrohr wurden die gebildeten übelriechenden Verbrennungsgase ins Freie geleitet.

Es geschah eigentlich nichts anderes, als daß jene Vorrichtung, welche van der Weyde zur Milderung des elektrischen Lichtes anwendete, nunmehr auch beim Abbrennen des Feuerwerkssatzes angebracht wurde.

Alden in England transportierte im Jahre 1881 den Apparat zu wiederholten Malen nach Lokalitäten, wo große Maskenbälle stattfanden. Dort postierte er sich in einem kleinen Zimmer neben dem Ballsaal und fertigte die ganze Nacht Kostümbilder[2]).

Harrison[3]) benutzte zur Zerstreuung des Lichtes an Stelle der halbtransparenten weißen Schirme solche von violetter oder blauer Farbe, welche dem Auge angenehmer ist.

Die spektrale Zusammensetzung des Lichtes der bengalischen Feuerwerkssätze stellten Eder und Valenta (1910) fest[4]). Sie fanden, daß bengalisches Weißfeuer ein kontinuierliches Spektrum nebst dem Flammenspektrum des Kaliums zeigt. Grüne bengalische Bariumflammen mit Kaliumchlorat zeigen das Flammenspektrum des Bariumoxyds und -chlorids; ebenso rote Strontiumflammen, welche jedoch ziemlich aktinisch sind, weil neben den roten Bändern eine helle blaue Strontiumlinie auftritt.

Für praktisch-photographische Zwecke werden derzeit derartige bengalische Feuerwerkssätze als Lichtquelle kaum benutzt[5]), da man in den magnesiumhaltigen Leuchtmassen — sei es Blitzlicht, seien es Zeitlichtpatronen oder Magnesiumfackeln — weit hellere und angenehmere Lichtquellen besitzt.

---

1) Oder auch Magnesium usw. — Salomon hatte schon lange vor Alden und Clarke Magnesiumlampen mit mattem Glase benutzt (Bulletin Soc. franç. 1879, Seite 17).

2) Phot. Mitt. 1881, Bd. 17, S. 164.

3) Bulletin Soc. franç. 1879, S. 17.

4) Eder und Valenta, Atlas typischer Spektren, Wien 1911.

5) Schaustellungen von Feuerwerkskunst lassen sich mit lichtstarken Objektiven ohne besondere Schwierigkeit auf lichthoffreien orthochromatischen Platten photographieren.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

ZWEIUNDZWANZIGSTES KAPITEL.

VERBRENNENDER PHOSPHOR UND SCHWEFEL. — SCHWEFELKOHLENSTOFF-STICKOXYDLICHT. — CHROMYLCHLORID- UND TITANCHLORIDLICHT.

1. Brennender Phosphor und Schwefel.

Phosphor, an der Luft oder im Sauerstoff verbrennend, ferner Schwefel, im Sauerstoff verbrennend, gibt nach Böttger genügend Licht zur Herstellung photographischer Bilder.

Durch dreimal wiederholtes Abbrennen von Phosphor in Sauerstoffgas gelang es Böttger 1855 ein Porträt (Gemälde) auf einer Jodbrom-Daguerreotypplatte zu kopieren. Desgleichen gelang es, auf einer präparierten Kollodiumplatte bei dem mattbläulichen Schimmer von im Sauerstoff brennenden Schwefel in kurzer Zeit ein wohlgelungenes Bild hervorzurufen[1]).

Das Licht des im Sauerstoff verbrennenden Phosphors ist, wie schon Brande vor einem halben Jahrhundert fand, chemisch weniger wirksam als das elektrische Licht; es gelang ihm nicht durch ersteres, wohl aber durch letzteres Chlorknallgas zur Verpuffung zu bringen, was Seebeck auch durch das indianische Weißfeuer erreichte.

Babo fand aber das Licht des in Sauerstoff verbrennenden Phosphors so wirksam wie Stickoxyd-Schwefelkohlenstofflicht und auch Mc Lellan erkannte die bedeutende chemische Wirkung desselben, welche die Wirkung des im Sauerstoff verbrennenden Schwefels, sowie die Wirkung des an der Luft verbrennenden Magnesiums um Namhaftes übertrifft (Eders aktinometrische Messungen des Phosphorlichtes s. unten).

Legt man ein Stück Phosphor auf gepulverten Salpeter und zündet ersteren an, so entwickelt sich ein sehr blendendes Licht; die Dämpfe müssen durch ein Rohr abgeleitet werden [Markham[2]), Schnauß[3])]. Rottmayer in Laibach photographierte mit diesem Lichte gegen Ende des vorigen Jahrhunderts das Innere der Adelsbergergrotte auf Bromsilbergelatineplatten.

Bringt man nach Böttger[4]) in einem kleinen dünnwandigen Glaskolben etwa 20 g chlorsaures Kali zum Schmelzen und wirft dann drei bis vier erbsengroße

---

1) Jahresbericht des physikalischen Vereins zu Frankfurt a. M. für 1854—1855, Dinglers Polytechn. Journ. 1856, S. 140, 315. Polytechn. Notizblatt 1856, S. 155.

2) Phot. Archiv 1869, S. 88.

3) Phot. Korresp. 1876, Bd. 13, S. 243.

4) Polytechn. Notizblatt 1860, S. 229; Kreutzers Zeitschr. f. Phot. 1860, Seite 228.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Stückchen Stangenschwefel in das geschmolzene Salz, so entsteht ein so intensives, eine Menge stark brechbarer Strahlen enthaltendes weißes Licht, das schon innerhalb 2 bis 5 Sekunden von einer damit beleuchteten Gipsstatuette auf einer nassen Kollodiumplatte ein sehr scharf ausgeprägtes Bild gibt.

Schwefel auf geschmolzenen Salpeter geworfen verbrennt mit sehr aktinischem Lichte.

Diese Art von Licht, welche schon sehr lange bekannt ist, wendete Spiller im Jahre 1875 in der Photographie an[1]). Man schmilzt etwa 30 g Salpeter in einem Tiegel oder besser in einer an einem Ende zugeschmolzenen Glasverbrennungsröhre, welche das Licht nach keiner Seite hin abhält. Dann trägt man allmählich kleine Stückchen Schwefel ein, wodurch ein höchst intensives weißes Licht entsteht, das so lange anhält, als noch etwas geschmolzener Schwefel in dem Salze schwimmt. $^1/_2$ g Schwefel, allmählich in obige Quantität Salpeter eingetragen, gibt ein regelmäßiges Licht für 10 Minuten. Es genügen 3 bis 5 Sekunden Exposition, um ein Transparentpositiv auf nassem Kollodium in der Distanz von 30 cm zu liefern.

Aus den Versuchen von Riche und Bardy[2]) geht hervor, daß man mit Vorteil ein sehr aktinisches Licht dadurch erhalten kann, wenn man Schwefel in kleinen Ton- oder Porzellantiegeln schmilzt und mittels eines Rohres aus einem Gasometer einen senkrechten Sauerstoffstrom aufbläst. Das so erhaltene blaue Licht ist aktinischer als das weiße, welches durch Werfen von Schwefel auf geschmolzenen Salpeter erhalten wird.

Alle diese Lichtquellen haben lediglich theoretisches Interesse, sind aber praktisch wertlos.

2. Schwefelkohlenstofflicht.

Das Licht des verbrennenden Schwefelkohlenstoffs besitzt im violetten Ende eine ungewöhnliche Intensität und ist sehr reich an chemisch wirksamen Strahlen (Babo und Müller 1856[3]).

Im Jahre 1866 wies D. Winstanley auf die Möglichkeit hin, die Flamme des im Sauerstoff verbrennenden Schwefelkohlenstoffs zu photographischen Zwecken zu benutzen; 1869 zeigte er bereits einen zu diesem Ende bestimmten Apparat vor[4]).

Bei Versuchen von Lossen[5]) mit abgeblendeten, gleich großen Flächen von Sauerstoff-Schwefelkohlenstofflicht und Magnesiumlicht wurde gefunden, daß das Magnesiumlicht stets das erstere an Wirksamkeit übertraf. Wurden die Versuche mit den freien (nicht abgeblendeten, also ungleich großen) Lichtquellen fortgesetzt, so war das Resultat ein umgekehrtes, entsprechend den Beobachtungen anderer. Lossen benutzte zu seinen Vergleichen Bromsilberplatten bei $^1/_3$ Sekunde Exposition.

Mit dem Verbrennen von Stickoxyd, welches mit Schwefelkohlenstoffdampf gesättigt ist, experimentierte schon Babo in den fünfziger Jahren[6]). Als er zwei Liter dieses Gasgemenges verbrannte, konnte er bei diesem Lichte Gegenstände in der Kamera auf nassem Jodkollodium in 1 Sekunde photographieren.

---

1) Phot. News 1875, S. 40; Phot. Mitt., Bd. 11, S. 278.
2) Bull. Soc. franç. 1875; Phot. News 1875, S. 171.
3) Fortschritte der Physik 1856.
4) Brit. Journ. of Phot. 1875, S. 64.
5) Phot. Archiv 1878, S. 70.
6) Horns Phot. Journ. 1855, S. 9.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Babo sprach damals aus: „Die Menge der chemisch wirksamen Strahlen übertrifft die aller anderen (damals) untersuchten Flammen sehr bedeutend."

Ungefähr 20 Jahre später kam Sell nochmals auf das Stickoxyd-Schwefelkohlenstofflicht zurück und suchte es in die photographische Praxis einzuführen, indem er es genauer beschrieb und eine eigene Lampe hierzu konstruierte.

Sell ließ seine Lampe 1873 patentieren und erhielt am 10. Oktober 1873 ein Patent in England[1]).

Sie besteht aus einem kugelförmigen Glasgefäße für den Schwefelkohlenstoff, der durch einen Docht zum Brenner in die Höhe gesaugt wird. Um diese kleine Kugel ist eine größere geblasen. Der Zwischenraum zwischen beiden wird mit kaltem Wasser gefüllt, das die Abkühlung des Schwefelkohlenstoffes bezweckt. Durch die Mitte des Brenners geht ein rechtwinkelig gebogenes mit Hahn versehenes Rohr, das das Stickoxyd aus einem Gasometer zuführt. Das Stickoxyd stellte Sell aus Eisenchlorür, Kaliumnitrat und Chlorwasserstoffsäure in bekannter Weise dar[2]).

Delachanal und Mermet konstruierten kurz nach Sell ebenfalls eine Lampe für Schwefelkohlenstoff-Stickoxydlicht, was sie im November 1874 publizierten. Ein mit zwei Tubulaturen versehener Ballon mit 500 ccm Inhalt wird mit Schwammstücken, Koks oder Bimsstein gefüllt und letztere mit Schwefelkohlenstoff imprägniert. Die eine Tubulatur dient zur Zuleitung des Stickoxydes, die andere ist mit einem durchbohrten Korke verschlossen, welcher eine zweite, 20 cm lange Glasröhre trägt. Diese wird mit dicht zusammengewickeltem Eisendrahte vollgestopft und dient als Sicherheitsrohr zur Verhinderung einer Explosion innerhalb des Ballons.

Man leitet das ausströmende Gasgemenge in eine Art Bunsenschen Brenner, der aber keine Luftzuströmungsöffnungen hat, und füllt das Rohr desselben ebenfalls mit zusammengewickeltem Eisendraht. Die Flamme, die man mit diesem Apparate erhält, ist äußerst hell und kann eine Höhe von 25 cm erreichen. Die bei der Verbrennung sich entwickelnden Gase werden durch einen Schornstein abgeleitet. Die spektroskopische Untersuchung der Flamme ergab das Vorhandensein zahlreicher glänzender Linien, ähnlich dem Spektrum des Schwefels (Chem. Zentralbl. 1874, S. 769; aus Compt. rend.).

A. H. Spurr griff die alte Idee auf, mittels Stick- und Schwefelkohlenstoffes eine aktinische Flamme zu erzielen, und konstruierte hiermit eine Blitzlampe, bei welcher derartiges Licht momentan aufflammt, ohne Anwendung von Magnesium (Amerikanisches Patent Nr. 647041 von 1900; Photography 1900, S. 345; Eders Jahrb. f. Phot. 1901, S 578).

H. W. Vogel fand die Wirksamkeit der Sellschen Lampe 4mal geringer als das Licht eines heiteren Wintertages. Eine Person, 3 m vom Lichte entfernt, gab in 15 Sekunden ein Porträt auf nassen Kollodiumplatten[3]).

Das Licht des mit Schwefelkohlenstoff geschwängerten Stickoxydgases ist ungefähr gleich photographisch auf Bromsilber wirksam, als das Licht von an der Luft brennendem Schwefelkohlenstoff, in dessen Flamme Sauerstoff geleitet wird.

Es läßt sich nicht leugnen, daß das Schwefelkohlenstofflicht ein sehr wirksames ist; aber da es gefährlich zu handhaben ist, weil die Gefahr einer Explosion bei

---

1) Abridgements of Specifications relating to Photography, III, 1878, S. 79; andere Quellen s. am Eingang.

2) Berichte d. deutsch. chem. Gesellschaft, Bd. 7, S. 1522.

3) Phot. Mitt., Bd. 11, S. 232; Ber. d. deutsch. Chem. Gesellsch. 1875, S. 96.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

einiger Unvorsichtigkeit nicht ausgeschlossen ist und sich lästige Dämpfe entwickeln, so kam es nicht in praktische Verwendung. Es wurde durch das billigere Magnesiumlicht usw. verdrängt.

3. Chromylchlorid- und Titanchloridlicht.

Läßt man Wasserstoffgas über flüssige (am besten etwas erwärmte) Chlorchromsäure oder Chlortitan streichen, entzündet es und leitet in die Flamme einen Strom von Sauerstoffgas, so erhält man ein aktinisches Licht, welches auf Silbersalze ungefähr ebenso energisch als Magnesiumlicht wirkt. Leider entwickeln sich dabei viel Salzsäuredämpfe (Monckhoven).

Nach anderen Angaben[1]) ist das Licht, welches entsteht, wenn Wasserstoff über ein mit Chlorchromsäure gefülltes Kugelrohr streicht und durch den entzündeten Wasserstoff ein Strom von Sauerstoff geleitet wird, nicht sehr hell; sobald das Kugelrohr mit der Chlorchromsäure erwärmt wird, nimmt die Intensität bedeutend zu[2]).

Nach Eder und Valenta[3]) ist das Emissionsspektrum des Chromylchloridlichtes dasjenige des Chromoxyds nebst Linien des Flammenspektrums des elementaren Chroms, gemischt mit einem kontinuierlichen Spektrum. Das Titanlicht liefert nur ein kontinuierliches Spektrum.

Beide Lichtarten stoßen erstickende Dämpfe von Salzsäure und grünen Rauch von Chromoxyd resp. weiße Titansäure aus; sie sind für die praktische Photographie unverwendbar.

---

1) Phot. Korresp. 1869, S. 215; 1870, S. 208.
2) Phot. Korresp. 1870, S. 198.
3) Eder und Valenta, Atlas typischer Spektren, 1911.

DREIUNDZWANZIGSTES KAPITEL.

PHOSPHORESZENZLICHT.

Phosphoreszierende Substanzen, Leuchtsteine, Lichtsauger oder Lichtmagnete nennt man bekanntlich solche Körper, welche dem Sonnenlichte oder anderen hellen Lichtquellen ausgesetzt, nachher noch eine Zeitlang auch im Dunkeln einen hellen Schein verbreiten.

Sendet ein Körper Licht bei Temperaturen aus, die weit unter denjenigen liegen, bei denen er zu glühen beginnt, so nennt man die Strahlung Phosphoreszenz oder Lumineszenz (s. Bd. I, Abt. I dieses Werkes S. 447).

Das Phosphoreszenzlicht kann weiß, grün, blau, orange oder andersfarbig sein und dementsprechend wird sich seine photographische Wirksamkeit äußern. Die blauviolette Balmainsche Leuchtfarbe sendet ziemlich kräftig aktinisches Licht aus, dessen Erregung durch brennendes Magnesium kräftig erfolgt. Es wurde als Normallichtquelle bei Warnerkes Sensitometer benutzt (s. S. 126).

Andere Verwendungen von Phosphoreszenzlicht in der Photographie wurden im I. Bd., 2. Abt. (3. Aufl.) dieses Werkes erwähnt.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

VIERUNDZWANZIGSTES KAPITEL.

MAGNESIUMLICHT.

I. Reines Magnesium.

Wird Magnesiumband[1]) mittels einer Spiritus- oder Gasflamme an der Luft erhitzt, so entzündet es sich und verbrennt unter Entwicklung eines weißen Dampfes von Magnesiumoxyd mit glänzendem bläulichweißen Lichte nach der Gleichung:

$$Mg + O = MgO,$$

Magnesium + Sauerstoff = Magnesiumoxyd.

Zugleich mischt sich dem Verbrennungsprodukt in sehr geringer Menge Magnesiumnitrid (Mg_3N_2) bei, welches zufolge Vereinigung des Magnesiums mit dem Stickstoff der Luft entsteht[2]).

Die Verbrennungsprodukte entweichen teils in Form eines weißen Rauches, teils bleiben sie als weiße Asche zurück. Ein ganz kleiner Teil des Magnesiums verdampft unverbrannt, jedoch entzieht sich nur eine sehr geringe (keineswegs konstante) Menge von Magnesium der Verbrennung, welche für praktische Beleuchtungszwecke nicht in Betracht kommt, wohl aber bei Verwendung des Magnesiums besonders als Normallichtquelle (s. S. 92) berücksichtigt werden muß.

Pulverförmiges Magnesium brennt in kompakten Haufen schwierig ab, leicht beim Durchblasen oder Einstreuen in eine Flamme oder beim Abbrennen über Schießbaumwolle[3]) oder in Gemischen mit sauerstoffreichen Substanzen.

Magnesiumpulver kommt in verschiedenen Feinheitsgraden in den Handel. Für rasch verbrennendes Blitzlicht sind die feinst gepulverten Sorten die besten.

Beim Verbrennen von Magnesiumpulver bildet sich mehr Rauch, als beim Verbrennen von Magnesiumband, weil das feinverteilte Magnesiumoxydpulver in der Luft verstäubt wird. Wenn man Magne-

1) Magnesiumdraht brennt schlechter als Band.

2) Das Magnesiumnitrid zersetzt sich beim Kochen mit Wasser unter Entweichen von Ammoniak.

3) Piffard, Phot. News 1887, S. 697.

SLUB Wir führen Wissen.
gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

siumpulver durch eine Flamme bläst, so spricht man von „Magnesiumpustlicht". Da die Verbrennungsdauer des Magnesiumpulvers verhältnismäßig sehr kurz, und die Lichtintensität sehr groß ist (pro 1 g verbranntes Magnesium ungefähr 400000 Meterkerzen), so kann man hiermit sogenannte „Momentaufnahmen" machen.

Mischt man Magnesiumpulver mit sauerstoffreichen Substanzen (Chloraten, Nitraten, Peroxyden usw.), so ergeben sich mehr oder weniger rasch abbrennende Leuchtsätze, deren Verbrennungsdauer von der Natur des Sauerstoffträgers, dessen Verteilung oder eventuellen indifferenten Beimengungen abhängt. Sehr rasch verbrennende Magnesiumleuchtsätze nennt man „Magnesiumblitzpulver"; manche Arten derselben verpuffen und zeigen sogar Explosionswirkungen, andere brennen relativ ruhig und trotzdem schnell ab.

Langsam verbrennende Magnesiumleuchtsätze nennt man „Magnesiumzeitlicht", im Gegensatze zu allen Arten des schnell abbrennenden „Magnesiumblitzlichtes", welches sowohl mit reinem Magnesiumpulver (Pustlicht) als auch mit Magnesiumblitzpulver erzeugt werden kann.

Das Magnesiumlicht (verbrennendes reines Magnesium) ist bläulichweiß und seine aktinische Wirkung ist groß, zufolge seines Reichtums an stärker brechbaren Strahlen (blau, violett, ultraviolett); das Spektrum des brennenden Magnesiums ist ein nahezu kontinuierliches (vom glühenden festen Magnesiumoxyd herrührendes, s. u.), jedoch treten mehrfach Magnesiumlinien (vom glühenden Magnesiumdampf herrührend) und Magnesiumoxydbänder in demselben auf[1]) (s. unten).

Enthalten die Leuchtsätze (Magnesiumblitzpulver oder Zeitlicht) Beimengungen von Substanzen, welche ihrerseits die Flammen zu färben vermögen, so wird die Färbung der Magnesiumflamme beeinflußt; Zusatz von Strontiumverbindungen erhöht z. B. den Anteil emittierter roter und gelber Strahlen im Magnesiumlicht in gewissem Grade[2]), was man bei orthochromatischen Aufnahmen verwertet („orthochromatische" oder „panchromatische" Magnesiumleuchtsätze).

Das Magnesium gibt ein sehr wirksames und bequem herzustellendes Licht, dessen Kosten nicht beträchtlich sind, sobald es sich nicht

1) Genau abgebildet und beschrieben von Eder, Denkschriften der k. k. Akad. d. Wissensch. in Wien. Daselbst sind heliographische Abbildungen von Spektrumphotographien des brennenden Magnesiums, hergestellt mit einem großen Rowlandschen Konkavgitter, samt Wellenlängenmessungen publiziert (auch abgedruckt in Eder und Valenta, Beiträge zur Photochemie und Spektralanalyse 1904), ferner s. Eder und Valenta, Atlas typischer Spektren 1911.

2) Derartige Strontium-Magnesium-Leuchtsätze geben jedoch kein ausgesprochen rotes Licht, wie die bengalischen Strontiumfeuerwerksätze, weil das emittierte Licht der Hauptsache nach ein kontinuierliches Spektrum und weißliches Licht liefert.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

um lange Expositionen handelt. Dadurch, daß man ohne jede Schwierigkeit und ohne kostspielige Maschinenanlagen (welche z. B. die Einführung des elektrischen Lichtes erschweren) Interieurs, Höhlen, ferner Porträts und Gruppen bei Magnesiumlicht photographieren kann, errang sich dasselbe eine große Verbreitung. Allerdings ist Magnesiumlicht nicht zu ebenso anhaltend starker Wirkung zu steigern, wie dies beim elektrischen Lichte möglich ist, und ferner ist die Rauchentwicklung für eine längere Beleuchtungsdauer mitunter hinderlich, so daß das Magnesiumlicht nicht Anspruch erheben darf, das elektrische Licht zu verdrängen. Allein in vielen Fällen ist das Magnesiumlicht in seinen verschiedenen Formen für die angewandte Photographie unersetzlich.

Geschichtliches.

Bunsen und Roscoë machten 1859 auf die bedeutende chemische Wirkung des brennenden Magnesiums aufmerksam. Sie erkannten dessen Wert als einfaches und sicheres Mittel zu photochemischen Maßbestimmungen und als Erleuchtungsmaterial (Poggend. Annalen, Bd. 108, S. 266).

Fast gleichzeitig mit den Genannten machte Crookes dieselbe Beobachtung und experimentierte sofort mit dem Magnesiumlicht, um es zu photographischen Aufnahmen zu benutzen (Phot. Archiv 1864, S. 449).

Das Licht des brennenden Magnesiums ist sehr reich an violetten und ultravioletten Strahlen [Schrötter[1]), Bunsen und Roscoë[2])]. In dieser Richtung übertrifft das Magnesiumlicht das Drummondsche Kalklicht, welches reich an gelben und roten Strahlen ist, bezüglich des Gehaltes an stärker brechbaren Strahlen aber hinter jenen zurückbleibt (Becquerel).

Erst um das Jahr 1864 wurde das Magnesium in ausgedehnterem Maße photographisch verwendet, weil es mittlerweile fabriksmäßig erzeugt und in den Handel gebracht worden war.

Zur Erzeugung von photographischen Porträtaufnahmen wurde das Magnesiumlicht von Brothers in Manchester mit Erfolg verwendet. Er nahm ein Porträt von Prof. Faraday vor dem versammelten Publikum nach einer Vorlesung in der „Royal Institution“ auf[3]). Im Juli 1864 wurden in Berlin die ersten gelungenen Versuche durch H. W. Vogel in Gegenwart von Carl, Suck, Rémelé, Poggendorff gemacht, wobei mit nassen Platten und Eisenvitriol-Entwicklung eine Exposition von 55 Sekunden und $19^1/_4$ g Draht erforderlich waren[4]). (Vgl. Eders Geschichte der Photographie, 3. Aufl., 1905.)

Brothers (1864) fand schon, daß die bei konzentriertem Magnesiumlicht aufgenommenen Porträts hart sind und deshalb das zerstreute Magnesiumlicht vorzuziehen ist. Ein Stück flachen Spiegels, das im Hintergrunde des Brenners befestigt ist, paßt sehr gut.

Maddox verwendete es 1864 bei vergrößerten Aufnahmen mikroskopischer Objekte (Photomikrographie[5]).

---

1) Jahrber. Chem. 1865, S. 96.
2) Poggendorffs Annalen, Bd. 108, S. 261.
3) Phot. Mitt. 1864, Bd. 1, S. 49; Phot. Archiv 1864, S. 208 und 449.
4) Phot. Mitt. 1864, Bd. 1, S. 60.
5) Phot. Archiv 1864, S. 453.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Prof. Piazzi Smith machte 1865 interessante Aufnahmen im Innern der großen ägyptischen Pyramide[1]).

Geldmacher erhielt bei Magnesiumlicht Porträts in 70 Sekunden (wenn er bei Tageslicht 5 Sekunden notwendig hatte) und Gipsmodelle in 45 Sekunden. Transparentpositive nach Negativen waren in 2 Sekunden ausexponiert (nasses Kollodiumverfahren). Auf Chlorsilberpapier wurde unter einem Negativ nach 5 Minuten nur ein sehr schwaches Bild erhalten, wobei allerdings für einen genügend kräftigen Abdruck $1^1/_2$ bis 2 Stunden notwendig gewesen wären[2]).

Nadar, welcher die Pariser Katakomben bei elektrischem Lichte photographiert hatte (s. Bd. I, 1. Teil), bediente sich bei Aufnahme der unterirdischen Kanalbauten der Einfachheit halber des Magnesiumlichtes. Leth in Wien nahm (um das Jahr 1865) den Sarkophag der Kaiserin Maria Theresia in der Kaisergruft abends bei demselben Lichte auf und Fr. von Reisinger 1867 Steinreliefs und Sarkophage in den Katakomben von Lemberg. Albert in München beleuchtete damals Gemälde und Fresken sofort in den Galerien und machte dadurch das Abnehmen und Transportieren überflüssig. Mariot nahm 1868 das Innere der Adelsberger Grotte bei Magnesiumlicht auf[3]).

Trotz der erwähnten Versuche erwies sich das Magnesiumband zu Porträtaufnahmen für die Praxis kaum verwendbar, weil dasselbe zu langsam abbrennt; erst später gelang es mittels Magnesiumpulver ein blitzschnell verbrennendes, sehr wirksames Licht zu erzielen. Allerdings hatte bereits Traill Taylor im Jahre 1865[4]) versucht, mittels Mischung von Magnesiumpulver mit Kaliumchlorat, Schwefel und Schwefelantimon bei sehr kurzer Belichtungszeit Photographien zu erhalten, da dieses Gemisch sehr rasch verbrennt. Diese Versuche hatten jedoch zu keiner praktischen Verwertung in der Porträtphotographie usw. geführt, weil die geringe Empfindlichkeit des damals allgemein verwendeten nassen Kollodiumverfahrens und der damalige hohe Preis des Magnesiumpulvers entgegenstand; diese Versuche Traill Taylors gerieten deshalb in Vergessenheit.

Larkin ließ 1866 eine Magnesiumlampe patentieren, in welcher Magnesiumpulver verbrannt wurde. Das Metallpulver war (mit Sand gemischt) in einem großen Reservoir enthalten, das am Boden mit einer kleinen Öffnung versehen war; durch diese fiel das Pulver in ähnlicher Weise wie der Sand bei den Sanduhren und wurde entzündet[5]). Die Lampe war aber praktisch unbrauchbar.

Die nächsten Versuche, Leuchtsätze durch Mischungen von Magnesiumpulver mit reinem Kaliumchlorat zu erzielen, machte G. A. Kenyon im Jahre 1883; er beobachtete den bedeutenden photographischen Effekt, den der in Sauerstoff verbrennende Magnesiumdraht hervorbringt, und verwendete dies zu Porträtaufnahmen bei derartigem Lichte; zugleich bemerkte er, daß man auch Magnesiumpulver und Kaliumchlorat zur Erzeugung eines brillanten Lichtes verwenden könne; er wurde jedoch durch die hierbei auftretende Rauchentwicklung abgehalten, diese Beobachtung weiter zu verfolgen (Brit. Journ. Phot. 1883, S. 61).

Die Photographie mit Magnesiumpulver in Form von „Blitzlicht" griffen J. Gaedicke und A. Miethe in Berlin 1887 auf und bald beschäftigte sich alle Welt

---

1) Bulletin Soc. franç. 1865, S. 321, aus Photographic Journ.; Phot. Archiv 1865, S. 379.

2) Phot. Archiv 1865, S. 160.

3) Phot. Archiv 1868, S. 202. — Vgl. Bd. I, 1. Teil dieses Handbuchs.

4) Phot. News 1865, S. 550; Phot. Wochenbl. 1883, S. 79.

5) Les Mondes, Bd. 12, S. 136; Dinglers Polyt. Journ., Bd. 182, S. 203.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

damit, da die von denselben empfohlenen Explosivmischungen von Magnesiumpulver (Magnesium, Kaliumchlorat, Schwefelantimon und später andere Mischungen, s. u.) tatsächlich blitzschnell verbrennen und Momentbilder von Porträts, Gruppen usw. geben.

Ungefähr zur selben Zeit beschäftigte sich Meydenbauer[1]) mit Versuchen derselben Art, indem er die gefahrloseren Mischungen von Magnesium mit Braunstein, Salpeter, Kaliumchlorat, Strontiumnitrat besonders berücksichtigte. Nachdem Gaedicke und Miethe den Anstoß zur Magnesium-Blitz-Photographie gegeben hatten, lernte man die vortrefflichen Eigenschaften des durch eine Flamme geblasenen reinen Magnesiumpulvers kennen.

T. N. Armstrong machte nämlich kurz nach dem Bekanntwerden des Gaedicke-Mietheschen Blitzpulvers aufmerksam, daß reines Magnesiumpulver, direkt durch eine Lichtflamme geblasen, ein sehr intensives Licht gibt (Brit. Journ. Phot. 1887, S. 777). Harrison empfahl kurz darauf ein Gemisch von Magnesiumpulver mit Hexenmehl (Lycopodium-Samen) durch die Flamme zu blasen (ibid. S. 791), ohne daß damit eine Verbesserung des einfacheren Armstrongschen Vorganges erzielt worden wäre.

Die Methode, reines Magnesiumpulver mittels pneumatischer Vorrichtungen in eine Flamme zu blasen, wurde namentlich durch die von Schirm in Breslau im Jahre 1888 und anderen erfundenen „Blitzlampen“ zu einer leicht und bequem auszuführenden gemacht. Gegenwärtig erscheint das Magnesiumlicht als ein kaum entbehrliches Hilfsmittel zur Photographie solcher Objekte, bei denen das Tageslicht fehlt.

Magnesiummetall war anfangs sehr teuer und kostete 300 bis 400 Mark pro Kilogramm.

Im Jahre 1886 wurde das Magnesium durch die Einführung neuer Darstellungsmethoden (mit Elektrizität) von der Magnesiumfabrik in Bremen, nach dem Patente Grätzel, im großen und wesentlich billiger als früher dargestellt.

Die Verwendung der verschiedenen Arten des Magnesiumlichtes für photographische Aufnahmen wurde in verschiedenen Monographien beschrieben, von welchen wir folgende erwähnen:

Gaedicke und Miethe, Anleitung zum Photographieren bei Magnesiumlicht, Berlin 1887. — Müller, Bedeutung und Verwendung des Magnesiumlichtes in der Photographie, Weimar 1889. — G. Mercator, Die Verwendung künstlicher Lichtquellen zu Porträtaufnahmen und Kopierzwecken, Halle a. S. 1898. — Hans Schmidt, Das Photographieren mit Blitzlicht, Halle a. S. 1911. — H. Schnauß, Die Blitzlichtphotographie, Leipzig 1902. — E. Holm, Die Photographie bei künstlichem Licht, Berlin 1903. — F. Pettauer, Das Magnesiumkunstlicht in der Photographie, Wien (Carl Seib) 1906. — J. M. Eder, La Photographie à la lumière du Magnesium, Paris 1890 (Gauthier-Villars). — C. Klary, La Photographie nocturne, Paris 1893. — Ris-Paquot, La pratique de la Photographie à la lumière artificielle, Paris 1904. — Tennants Photominiature: „Flashlight Photography“, 1901, Nr. 29. — Hurman, Artificial Light for Portrait-Photography, Newcastle-Birmingham 1902.

II. Beleuchtung mittels Magnesiumband.

Das Magnesium wird entweder in Form von Draht ausgezogen oder zu dünnen Bändern ausgewalzt, welche letztere sich wegen ihrer leichteren Brennbarkeit allgemein eingebürgert haben.

---

1) Phot. Wochenbl. 1887, S. 154 und 181.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Der Magnesiumdraht kommt in einer Stärke von ca. 0,45 mm Durchmesser ansteigend in den Handel; das Magnesiumband, welches sich namentlich zum Brennen in Magnesiumlampen besser eignet, kommt meistens in einer Breite von 2 bis 5 mm und einer Stärke von 0,1 bis 0,3 mm vor.

Um das Magnesium bequem verbrennen zu können, wurden Halter und Lampen konstruiert.

Der Halter für brennenden Magnesiumdraht in der einfachsten Form ist in Fig. 295 abgebildet.

Derselbe kann da angewendet werden, wo nur geringe Mengen von Draht zu verbrennen sind. Man schiebt so viel Draht (Band), wie man verbrennen will, vor die Metallspitze *B* und zündet ihn an, indem man ihn einige Sekunden ruhig in die Flamme eines Streichhölzchens

Fig. 295. Halter für Magnesiumband.

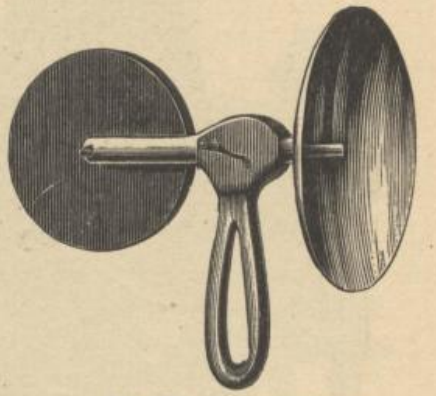


Fig. 296. Magnesiumlampe.

oder besser einer Weingeistflamme hält. Er brennt bis ungefähr $^1/_2$ cm von der Metallspitze. Wenn man ihn auslöschen will, zieht man ihn einfach bei *A* zurück.

Man hat auch vorgeschlagen, mehrere Reihen von Magnesiumbändern gitterförmig lose (in größeren Abständen) zu flechten, damit größere Lichtmengen beim Abbrennen resultieren (Brit. Journ. Phot. 1909, S. 159; Eders Jahrb. f. Phot. 1909, S. 241).

Billige Magnesiumlampen werden mit Handregulierung versehen und genügen für mindere Ansprüche vollkommen. Fig. 296 zeigt eine Magnesiumlampe mit Handregulierung. Der polierte Reflexspiegel kann leicht entfernt werden, wenn man keinen begrenzten Ort beleuchten will (Eders Jahrb. f. Phot. 1889, 3. Jahrg., S. 370).

Magnesiumband ist jedoch ohne Anwendung einer Uhr, welche das verbrennende Magnesium regelmäßig vorwärts schiebt, in Kombination mit einem Reflektor für längere Beleuchtung nicht gut praktikabel. Die ersten Versuche zur Konstruktion von Magnesiumlampen rührten

von Mather in Salford und Hart in Kingland her, bei welchen der Draht mit der Hand von einer Spule abgewickelt wurde und durch ein Röhrchen in die Flamme einer Spirituslampe geleitet wurde[1]). Der Amerikaner Alonzo Grant ließ die Abwicklung des Drahtes von der Spule durch ein Uhrwerk besorgen und konzentrierte die Strahlen durch hohle Metallspiegel; diese Form ist noch heute ziemlich allgemein beibehalten.

Grants Magnesiumlampe[2]) besteht aus einem in einer Blechkapsel D (Fig. 297) befindlichen Uhrwerke, welches bei G aufgezogen wird und zwei kleine mit Gummi überzogene Walzen aneinander vor-

Fig. 297. Grants Magnesiumlampe.

beidreht. Der zu verbrennende, in A vorrätig aufgerollte Magnesiumdraht ist bei B in das Uhrwerk eingefügt, und schiebt sich mittels der Walzen durch das Messingröhrchen DC vor, um bei C angezündet werden zu können. Der Lichtpunkt befindet sich im Fokus des Hohlspiegels. Durch einen in dem oberen Teil der Kapsel B befindlichen Windfang kann die Raschheit der Drahtbewegung reguliert werden; der kleine Hebel bei F dient zur Hemmung des Uhrwerkes, um ein sofortiges Erlöschen des Lichtes zu bewirken. — Wenn irgendwo längere Beleuchtung nötig ist, erhält der Reflektor einen Vorsetzrahmen mit Glas und Rauchfang.

---

1) Phot. Archiv 1865, S. 372 und 377.

2) Phot. Archiv 1865, S. 246 und 1869, S. 310; Stein, Das Licht 1877, S. 64.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Der hinter dem brennenden Magnesium angebrachte Metallhohlspiegel verstärkt die Wirkung des Lichtes bedeutend. Die Wirkung einer Magnesiumlampe ohne Reflektor verhält sich zu der mit Reflektor wie 1:3 (H. W. Vogel).

Um größere Flächen zu beleuchten, konstruiert man weniger stark gewölbte Reflektoren für Magnesiumlampen, wie sie in Fig. 298 ersichtlich sind[1]). Eine solche Magnesiumlampe (für Magnesiumband) ist die von O. Ney in Berlin, welche in Fig. 299 abgebildet ist, und bei welcher das Auf- und Abrücken der brennenden Magnesiumzunge in geringerem Grade stattfindet.

Man konstruierte auch Magnesiumlampen, in welchen zwei und

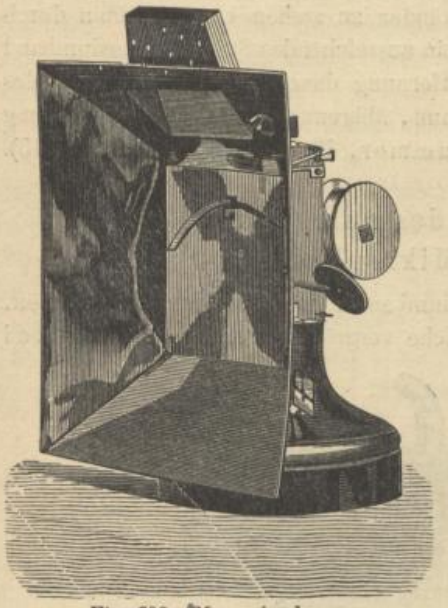


Fig. 298. Magnesiumlampe.

Fig. 299. Magnesiumlampe.

mehr Magnesiumbänder gleichzeitig verbrannten; mit zwei Bändern entspricht auch der Erfolg ziemlich dem gesteigerten Magnesiumverbrauche, bei mehr (bis acht) Bändern erhält man einen Effekt, welcher nicht entfernt der Vermehrung des verbrannten Materials entspricht[2]), weil die starke Rauchentwicklung eine beträchtliche Lichtabsorption bewirkt.

Die Magnesiumlampen haben fast immer Reflektoren. Parabolische Metallspiegel sind gut zur grellen Beleuchtung bei Vergrößerungen usw. Für Interieurs usw. reflektieren sie häufig zu grelles Licht, man verwendet deshalb weiße Schirme von Leinwand, Papier usw.[3]).

---

1) Phot. Korresp. 1866, S. 36 und 74.

2) Meydenbauer, Phot. Wochenbl. 1887, S. 152.

3) Bereits von Dr. Szekely, Phot. Korresp. 1866, S. 75; Pertsch, ibid. S. 28, empfohlen.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Eine nette Form der Magnesiumlampe (für Magnesiumband) ist die in Fig. 300 abgebildete, welche Minisini (Italien) konstruierte und 1896 in Österreich, Deutschland und England in den Handel kam. Die Magnesiumbandrolle wird mittels der Hand zwischen zwei Rollen vorwärts geschoben und vor einem Hohlspiegel verbrannt. Die Lampe läßt sich klein zusammenklappen. Die photographische Verwendbarkeit ist sehr gering (Eders Jahrb. f. Phot. 1898, S. 385).

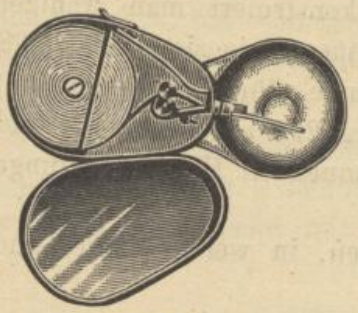


Fig. 300.

Figurenaufnahmen mit dem Lichteffekt von Kerzenbeleuchtung kann man mit Magnesiumlicht dadurch erzielen, daß das Licht nahe gegen einen der Bildränder zu stehen kommt, dann durch einen Gehilfen ein ausreichendes Stück Magnesiumband an der Flamme entzünden und in einiger Entfernung davon, so daß das Bild des brennenden Drahtes nicht mehr ins Bildfeld kommt, abbrennen läßt. Die Beleuchtung scheint dann nur von der Kerze herzurühren (Summer, Phot. Korresp. 1907, S. 315).

Anwendung des Magnesiumbandes zum Vergrößern von Negativen, sowie in der Mikrophotographie.

Das Schwanken des brennenden Magnesiumbandes ist eine Unannehmlichkeit, welche bei der Beleuchtung von Negativen, welche vergrößert werden sollen, störend

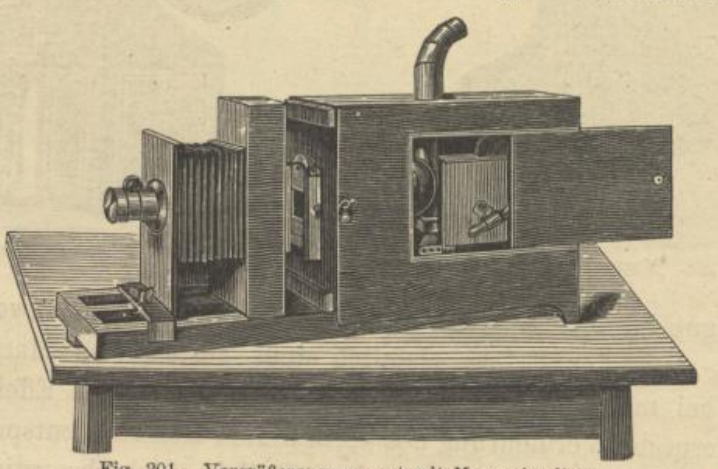


Fig. 301. Vergrößerungsapparat mit Magnesiumlicht.

bemerkbar wird. Es ist in diesen Fällen in der Regel besser, wenn man das Licht nicht direkt zur Beleuchtung des Objektes verwendet, sondern eine matt geätzte Glastafel zur gleichmäßigen Verteilung des Lichtes einschaltet.

Dr. Meydenbauer vergrößerte Negative (vom Formate 40 bis 60 cm) mittels Magnesiumlicht auf Bromsilberpapier (Phot. Wochenbl. 1888, S. 170; Eders Jahrb. f. Phot. 1889, S. 351).

O. Ney in Berlin konstruierte einen Vergrößerungsapparat mit Magnesiumlampe zur Herstellung von Vergrößerungen nach kleinen Negativen auf Bromsilbergelatinepapier. Die Vorrichtung enthält eine Lampe, in welcher eine Stunde lang

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

das Magnesium brennt und die Dämpfe durch einen Blechrauchfang abgeleitet werden. Der Apparat (Fig. 301) ist analog einem Skioptikon eingerichtet und entwirft mittels eines Objektives das Bild unmittelbar auf die empfindliche Schicht, welche dann hervorgerufen wird. Später gab er diesen Apparaten noch andere verbesserte Formen.

Das Magnesiumlicht wurde auch zur Mikrophotographie verwendet, und zwar als brennendes Magnesiumband in entsprechenden Lampen. Störend ist jedoch, daß das brennende Magnesiumband nicht immer seine größte Helligkeit an derselben Stelle besitzt, sondern der Lichtpunkt höher und tiefer rückt, so daß man nie sicher sein kann, während der Exposition ein gleichmäßig beleuchtetes Lichtfeld im mikrophotographischen Apparat zu erhalten. Beneke[1]), welcher bereits im Jahre 1868 Versuche hiermit anstellte, suchte diesen Fehler dadurch zu verringern, daß er unter das brennende Band bei *K* (Fig. 302) ein Drahtnetz anbrachte, wodurch das sich beim Austritte senkende Band verhindert wird, sich zu weit von der Austrittstelle nach unten zu biegen; das Uhrwerk *C* hat wie gewöhnlich Flügelräder (*F*) zur Regulierung der Geschwindigkeit[2]). — Jedoch wird Magnesiumlicht für derartige Zwecke in neuerer Zeit kaum mehr verwendet.

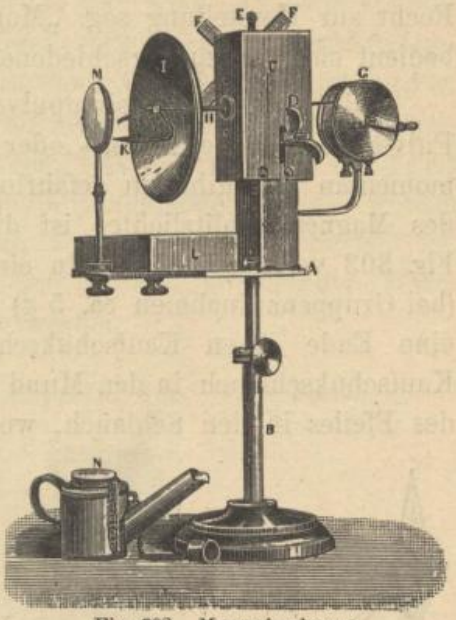


Fig. 302. Magnesiumlampe.

Beseitigung des Rauches von brennendem Magnesium.

Beim andauernden Brennen von Magnesiumband füllt sich der Arbeitsraum bald mit weißem Rauch; man versuchte deshalb, wie bereits auf S. 522 angegeben ist, die Magnesiumlampen mit Schornsteinen zu versehen. Meydenbauer, Ney u. a. brachten dicht über der Flamme ein enges Metallrohr an, durch welches die Magnesiumoxyddämpfe abziehen und sich kondensieren[3]).

Verwendung von Magnesiumband zum Kopieren bei Pigmentdruck und chromiertem Überdruckpapier.

J. Croke fand, daß zum Kopieren eines Porträts auf Purpurpigmentpapier das Abbrennen von 12 Fuß (= 3,6 m) Magnesiumband im Gewichte von 2 g genügend war. Zur Belichtung von Chromatgelatine für photolithographischen Umdruck usw. waren 6 Zoll (= 15 cm) Magnesiumband genügend (Amateur-Photographer 1890, S. 20; Photogr. Korresp. 1890, S. 575). Jedoch ist diese Methode nicht praktisch und unökonomisch.

---

1) Beneke, Die Photographie als Hilfsmittel mikroskopischer Forschung. 1868.

2) Nähere Angaben über die Verwendung des Magnesiumlichtes zur Mikrophotographie s. Marktanner-Turneretscher, „Mikrophotographie", S. 130.

3) Eders Jahrb. f. Phot. 1889, 3. Jahrg., S. 371; Phot. Wochenbl. 1888, S. 354.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

III. Magnesiumpustlicht.

Die Erzeugung von Magnesiumlicht durch Einblasen von reinem Magnesiumpulver in eine Flamme („Magnesiumpustlicht") ist mit Recht zur Herstellung sog. „Momentphotographien" sehr beliebt. Man bedient sich hierzu verschiedener Vorrichtungen.

Gibt man Magnesiumpulver in ein Glasröhrchen und bläst das Pulver gegen eine Kerzen- oder Weingeistflamme, so entzündet es sich momentan und gibt ein gefahrloses, sehr aktinisches Licht. Diese Art des Magnesiumblitzlichtes ist die denkbar einfachste und wird durch Fig. 303 veranschaulicht. In eine Glasröhre (*a*) bringt man $^1/_2$ bis 1 g (bei Gruppenaufnahmen ca. 5 g) Magnesiumpulver und befestigt an das eine Ende einen Kautschukschlauch *b*. Der Operateur nimmt den Kautschukschlauch in den Mund und bläst mäßig stark in der Richtung des Pfeiles in den Schlauch, wodurch das Blitzlicht erfolgt[1]).

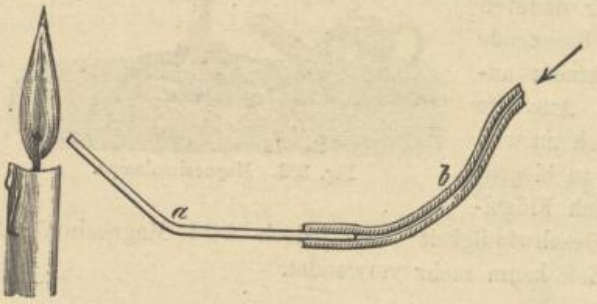


Fig. 303. Magnesiumpustlicht.

Fig. 304.

Fig. 305. Fig. 306.

Einen ganz ähnlichen Apparat beschrieben Guébhard und Ranque in den „Comptes rendus" (1889, Bd. 108, S. 514) und nannten ihn „Photospire". Sie benutzten gebogene Glasröhrchen, wie Fig. 304, welche vermöge ihrer Form mit dem Daumen der Hand bequem einer Kerze genähert werden können, oder man kann das Röhrchen mittels einer Klemme an die Kerze befestigen und dadurch die Hand frei bekommen, wie Fig. 305 und 306 zeigt.

Die weiteren Anordnungen bei Porträt- und Gruppenaufnahmen sind bei dieser Art des Blitzlichtes dieselben, wie die weiter unten beschriebenen.

Magnesiumpustlampen (Blitzlichtlampen).

Bei den Aufnahmen mittels Magnesiumblitzlichts ist es sehr vorteilhaft, wenn der Operateur möglichst wenig Aufmerksamkeit dem Abbrennen des „Blitzes" zuzuwenden braucht, sondern dies mittels ein-

1) Eder, La Photographie à la lumière du Magnesium 1890, S. 19.

facher Handgriffe bewirken kann. Aus diesem Grunde erfreuen sich die „Magnesiumblitzlampen" einer großen Beliebtheit. Sie sind sich im Prinzipe ähnlich, indem das Magnesiumpulver nicht nur mittels eines Mundstücks sondern auch durch den Druck auf einen Kautschukballon rasch in eine Weingeist-, Benzin- oder Gasflamme geblasen werden kann.

Das Magnesiumpulver soll bei derartigen Apparaten keinen langen Weg durch die Blaseröhre machen, weil sonst leicht Teilchen hängen bleiben und verspätet in die Flamme kommen. Das Magnesiumpustlicht gibt in der Regel eine ziemlich breite, hoch emporschießende Flamme, welche bei Verwendung entsprechender Mengen von Magnesium sehr hell ist.

Von den vielen gegenwärtig in den Handel kommenden Blitzlampen sollen einige näher beschrieben werden.

a) Durchblasen von reinem Magnesiumpulver durch eine Flamme.

Prof. Schirm in Breslau konstruierte im Jahre 1888 einen Beleuchtungsapparat mit Magnesium[1]), welcher große Verbreitung fand und der Ausgangspunkt für zahlreiche neuere Apparate war. Bei diesem Apparate wird reines Magnesiumpulver durch eine oder mehrere auf Stativ hoch und tief aufstellbare Weingeist- oder Bunsensche Gasflammen geblasen, und zwar nicht quer, sondern in der Längsrichtung der Flamme. Dadurch wird die vollständige Verbrennung des Magnesiumpulvers bewirkt, während das quer durch eine Kerzenflamme geblasene Pulver häufig partiell unverbrannt durchgeht, weil die Flamme zu sehr abgekühlt wird. Dabei tritt wenig störender Rauch auf, und eine kleine Menge (ungefähr 0,3 g) vom Magnesiumpulver genügt zu einer Porträtaufnahme bei einer Entfernung der Lichtquelle von ca. 2 m vom aufzunehmenden Objekte und einer Objektivblendung von etwa f/12; zur Beleuchtung ausgedehnterer Bildflächen muß allerdings 1 g und mehr Magnesium verbrannt werden.

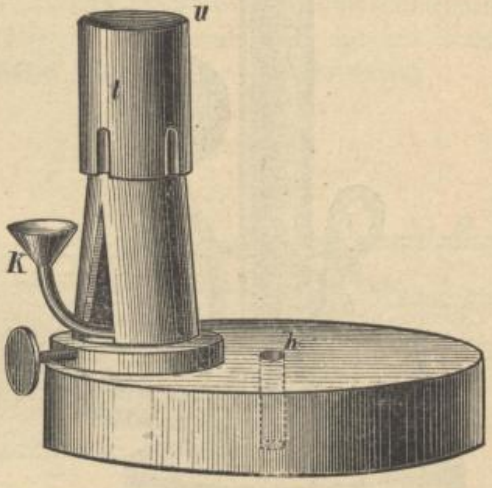


Fig. 307. Schirmsche Blitzlichtlampe.

Der Schirmsche Apparat wurde in der Regel mit zwei oder mehreren Brennern verwendet; das gleichzeitige Abbrennen der verschiedenen Magnesiumflammen geschah pneumatisch.

Die Weinstgeistlampe beim älteren Schirmschen Apparat besaß die in Fig. 307 abgebildete Form. Das Gefäß des Brenners wird mit starkem Weingeist gefüllt, der Schornstein *t* aufgesetzt[2]) und nach Anzünden der Flamme der Docht so

---

1) Kurze Zeit vor Schirm hatte James eine gewöhnliche Magnesiumblitzlampe im Brit. Journ. of Photogr. (Februar 1888, S. 66 und 69) beschrieben; Schirm meldete seine Lampe erst am 3. April 1888 zum Patente an.

2) Der Schornstein ist jedoch entbehrlich.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

hoch geschraubt, daß eine spitze blaue Flamme von 5 cm Höhe (vom Rande *u* gerechnet) entsteht. Dann wird das Röhrchen *k* mit Trichter seitlich in die Röhre des Brenners eingeschoben und etwas Magnesiumpulver (etwa eine kleine Messerspitze voll) hineingegeben. In das Trichterchen wird ein Messingrohr gesteckt, darauf ein Kautschukschlauch befestigt, welcher zu einem Kautschukballon führt. Das Röhrchen in dem Ballon ist aus Fig. 308 und 309 ersichtlich. Die Öffnung *h* dient zum Befestigen der Lampe auf dem Stative.

Man kann nun von dem photographischen Apparate aus nach Abnahme des Objektivdeckels durch einen Druck auf die Kautschukbirne die momentane Verbrennung des Magnesiumpulvers in jedem gewünschten Augenblicke bewirken.

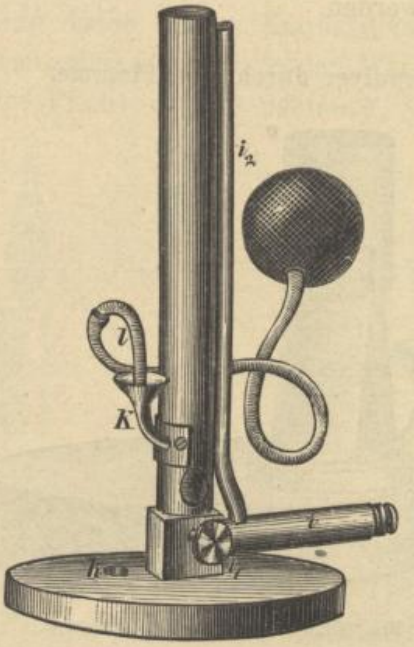


Fig. 308.

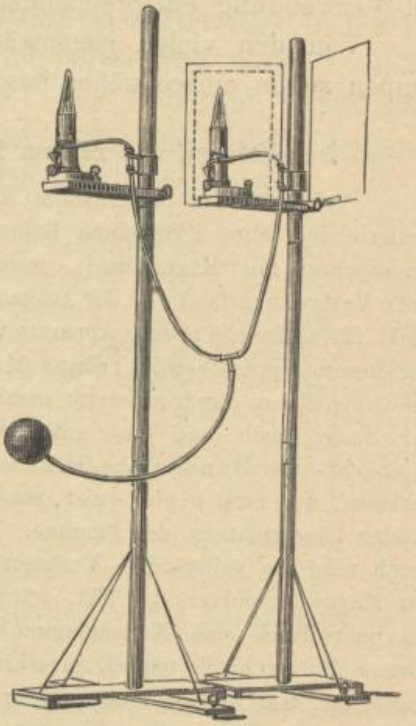


Fig. 309.

Schirmsche Blitzlichtlampe.

Bei Anwendung von Gas wird das Zuleitungsrohr des Brenners *i* (Fig. 308) mit einer Gasleitung in Verbindung gesetzt und die Flamme des Brenners angezündet.

Fig. 309 zeigt, wie zwei Stative mit Weingeistlampen und Schirmen aufgestellt und zum Abbrennen von Magnesiumpulver vorbereitet sind. Die Stative sind aus Holz und zusammenlegbar. Auf einem Querträger ist je eine Weingeistlampe von besonderer Form (s. auch Fig. 307) angebracht; durch beide kann zugleich mittels eines Kautschukballons das Magnesiumpulver durchgeblasen werden. Der eine Ballon bläst den Luftstrom und das Magnesiumpulver mittels eines T-Rohrstückes zugleich in beide Lampen und bewirkt dadurch das gleichzeitige Aufblitzen des Magnesiumlichtes. Die Belichtung ist momentan. Man kann vor jeder Flamme ein tranparentes Seidenpapier anbringen, wozu kleine Rahmen am Stativ befestigt sind, wie aus Fig. 309 ersichtlich ist. Ein undurchsichtiger Karton verdeckt die Flamme in der Richtung des Objektivs, damit kein aktinisches Licht in dasselbe direkt einfällt.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Später richtete Schirm seine Lampe mit einem Magazin für das Magnesiumpulver ein (s. Fig. 310, *h*), so daß das Drehen bei einem Hahne (*f*) genügt, um das Magnesium in die Röhre *ab* zu bringen.

In der Folge (1890) änderte Schirm seine Lampe dadurch ab (D. R.-P. 54423), daß er keine freie Flüssigkeit, sondern eine mit Benzin getränkte schwammartige Masse (Werg usw.) anwendete, wodurch sie gänzlich gefahrlos zu handhaben und zu transportieren ist.

Der Apparat (Fig. 311) besteht aus einem Blechgefäß *a*, welches mit einer schwammartigen Masse angefüllt ist, die mit reinem Benzin getränkt wird. In das Gefäß mündet ein Röhrchen *e*, welches mit dem Luftdruckapparate (in der Zeichnung fortgelassen) verbunden wird. Dieser Luftdruckapparat (Gummibirne usw.) muß mit zwei Ventilen versehen sein, welche die Luft nur nach einer Richtung befördern und ein Zurücksaugen aus der Flamme verhüten.

Durch Druck auf den Luftdruckapparat wird Luft durch das Gefäß getrieben, sättigt sich hier mit Benzingasen, tritt zum Teil durch den Ring feiner Öffnungen d^1 aus, entzündet sich an dem Zündflämmchen *i*, und bildet eine lange, äußerst intensive Stichflamme. Ein anderer Teil der mit brennbarem Gase gesättigten Luft geht durch das Magnesiumzuführungsrohr *e*, nimmt hier das Magnesiumpulver mit und bringt es in der erwähnten Stichflamme zur Verbrennung.

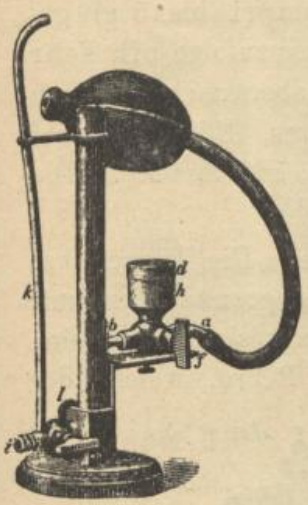


Fig. 310.
Blitzlichtlampe mit Gas.

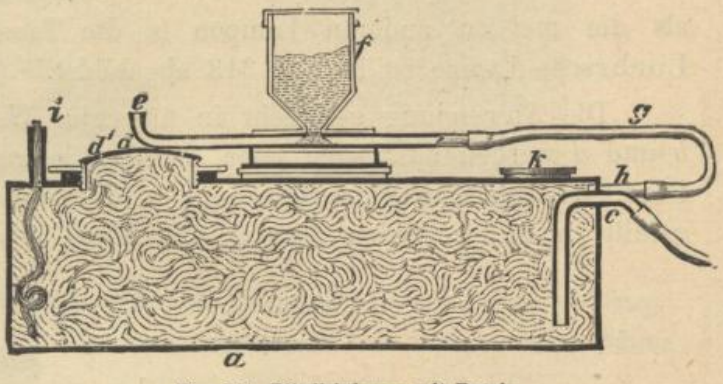


Fig. 311. Blitzlichtlampe mit Benzin.

Diese Lampe liefert eine etwas größere Helligkeit als die ältere Form, weil die Flamme eine größere Ausdehnung besitzt[1]).

Prof. Schirm bringt jedoch absichtlich ein geringes Quantum zur Verbrennung und reiht bei größerem Lichtbedarfe immer mehrere Lampen aneinander, da man auf diese Art leichter eine zarte harmonische Beleuchtung erzielt, als mit einer einzigen großen Lichtquelle; trotzdem ist für große Räume die Anwendung stärkerer und mehrerer Blitzlampen vorteilhafter.

Auch Miethe war bei der Konstruktion seiner Magnesiumblitzlampe[2]) bestrebt, eine Flamme von großer Ausdehnung zu erhalten und das Magnesium tunlichst vollständig zu verbrennen. Hierbei (Fig. 312) ist in passender Höhe über der Flamme ein rundes Kupferblech angebracht, welches im Winkel von 45° zur Flamme geneigt ist. Die Flamme schlägt gegen das Kupferblech und wird hierdurch gezwungen, sich

1) Phot. Korresp. 1890, Dezember.
2) Vgl. Eder, Phot. Wochenbl., Dezember 1890.

seitlich fächerförmig auszubreiten. Das Magnesiumpulver wird schräg von unten in die Flamme geblasen.

Das Magnesiumpulver ist in einem Magazin enthalten und fällt von selbst in eine durch einen Hahn drehbare Hohlröhre; sobald man eine solche Füllung in das untere Einblaserohr bringen will, dreht man den Hahn um. Dadurch fällt das Pulver in das Blaserohr und schließt gleichzeitig die obere Magnesiumkapsel, welche als Magazin dient, ab.

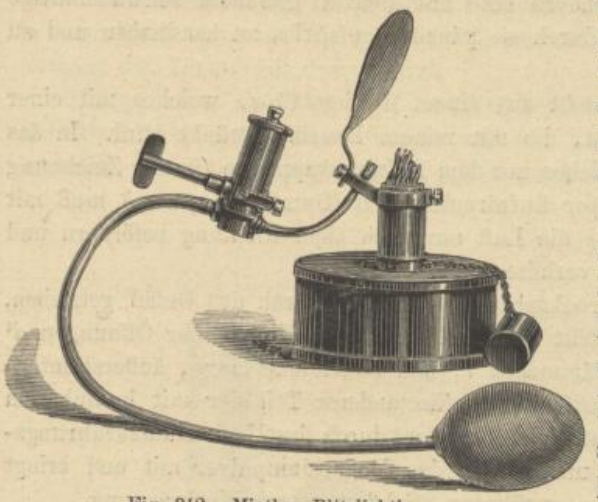


Fig. 312. Miethes Blitzlichtlampe.

Eine gute Konstruktion ist die von R. von Loehr im Jahre 1889 angegebene Blitzlampe[1]), welche das Abbrennen von sehr großen Mengen Magnesium (1 bis 5 g) gestattet, demzufolge ein sehr helles, aber auch merklich langsameres Blitzlicht gibt als die meisten anderen Lampen (s. die Tabelle auf S. 628). Die Loehrsche Lampe ist in Fig. 313 abgebildet.

Die Anwendung geschieht in folgender Weise: Die Rinnen bei *b* und *d* werden mit Docht oder Asbestwolle ausgelegt und diese mit Benzin-Spirituslösung getränkt, in *c* wird reines Magnesiumpulver eingefüllt, *a* und *e* bilden Anfang und Ende einer Röhre, welche der

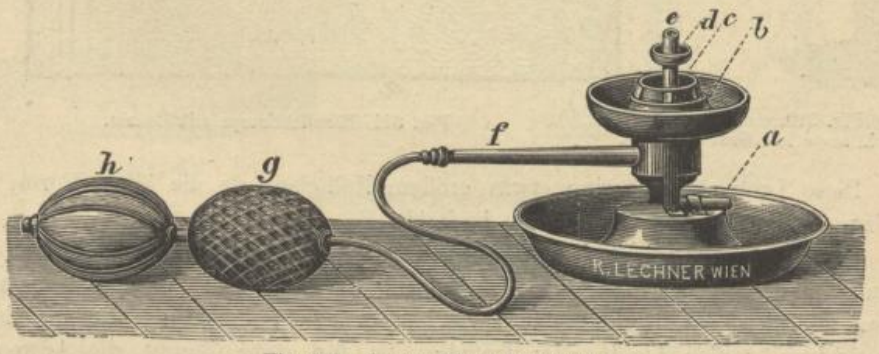


Fig. 313. Loehrs Blitzlichtapparat.

Flamme Luft, resp. mehr Sauerstoff zuführen soll. Entzündet man nun bei *b* und *d* die Benzinlösung, so bilden die beiden Flammen einen großen gemeinschaftlichen Lichtkegel. Das Rohr *f* mündet in den Raum, in welchem das Magnesiumpulver lagert, und an demselben ist ein Gummischlauch mit Doppelgebläse angesteckt. Hat man nun zur

1) Molls Phot. Notizen 1889. — Lechners Mitteilungen 1889.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Aufnahme alles vorbereitet, so hält man mit den Fingern, eventuell mit einem Quetschhahn den Gummischlauch zu, pumpt mittels des Ballens *h* den Ballen *g* voll Luft, macht im gegebenen Augenblick den Schlauch frei und drückt gleichzeitig auf den Ballen *h*, wobei die Luft durch das Rohr *f* auf das Magnesiumpulver trifft, dieses in die Flamme treibt, wo eine sofortige Verbrennung unter intensiver Lichtwirkung erzielt wird.

O. Hruza in Wien konstruierte (1890) eine Lampe, deren Grundidee darin besteht, daß sich zwei Ströme noch vor dem Eintritt in die Flamme treffen (unter einem spitzen Winkel) und so die Zerstäubung des Magnesiums bewirken [1]).

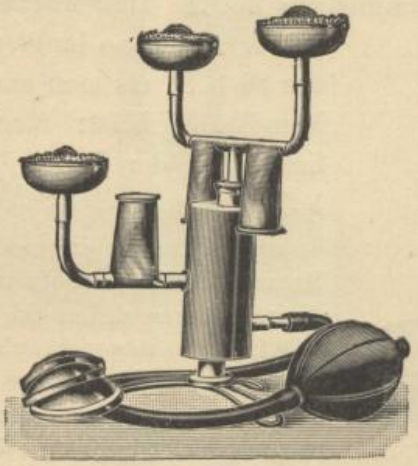


Fig. 314.

Fig. 315.

Adolf Holzt in Stettin gibt der Leuchtfläche eine breite fächerförmige Gestalt, sättigt die durchgepreßte Luft mit Benzin oder Äther und verbindet mehrere solcher Lampen miteinander (Fig. 314).

Diese Magnesiumblitzlicht-Repetierlampe (D. R. G. M. Nr. 36499) wird unter der Bezeichnung „Sedinia" von K. Visbeck in Stettin in den Handel gebracht [2]).

Fig. 315 zeigt Kleins [3]) Magnesiumblitzlampe mit verbreiterter Flamme, welche Penrose & Co. in London, 109. Farringdon Road, in den Handel bringen. Das Magazin *a* faßt das Magnesiumpulver, welches von dem Kautschukgebläse aus der breiten Spalte bei *c* geblasen wird; bei *b* ist eine Rinne angebracht, welche Asbest und Alkohol enthält und einen Flammenring um *c* bildet. Es wird eine sehr aktinische breite Flamme erzielt.

---

1) Vgl. Eders Jahrb. f. Phot. 1890.
2) Eders Jahrb. f. Phot. 1903, S. 18.
3) Eders Jahrb. f. Phot. 1903, S. 159.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Die Blitzlichtlampe „Reform“ (System Hasselkampf), Fig. 316, der Firma C. F. Kindermann & Co. in Berlin ist für reines Magnesiumpulver bestimmt und gehört zu der Type der Blitzlichtpustlampen mit fächerförmiger Flamme[1]).

Unter dem Namen „Regina“ brachte P. Brandt in Berlin (1897) eine Repetierblitzlampe für reines Magnesiumpulver in den Handel, welche nicht einen Lichtbüschel, sondern ein liegendes Flammenkreuz bildet[2]).

Lechners (Wien) Blitzlichtlampe „Orion“ (Fig. 317) enthält im Reservoir *C* einen Vorrat von Magnesiumpulver und gelangt durch Blasen in den oberen Teil der Lampe in den Flammenring bei *A*. Das Magnesiumpulver stäubt so lange durch das Sieb *B*, als man mit dem Mundstück bläst; man belichtet in der Regel $^1/_2$ bis 5 Sekunden.

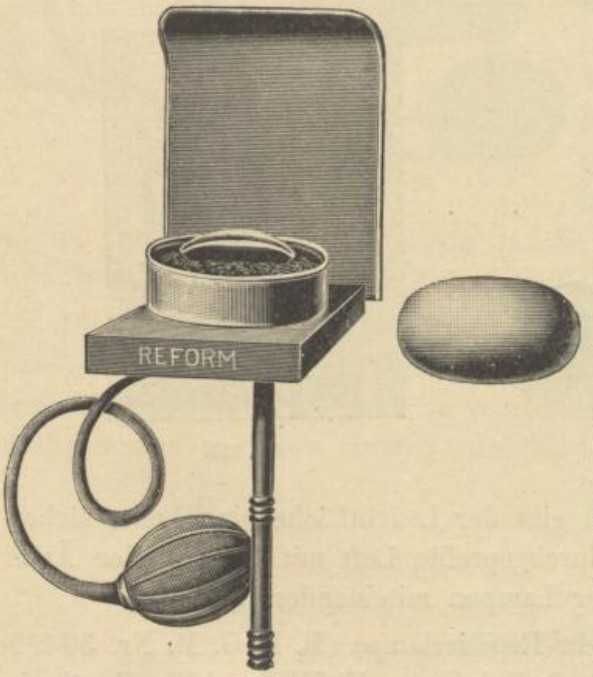


Fig. 316. Blitzlichtlampe „Reform“.

Sinsel in Leipzig gab dem Magazin für Magnesiumpulver eine derartige Form, daß es sich selbsttätig füllt und man mehrmals rasch hintereinander ein kräftiges Blitzlicht erzeugen kann, indem man jedesmal bloß den Kautschukballon drückt[3]).

Eine sehr einfache und billige Form gaben Haake & Albers in Frankfurt a. M. ihrer Blitzlichtlampe (Fig. 318) ca. 1890.

Der Brenner *L* wird abgenommen und mit einem Gemisch von Spiritus und Benzin (1 : 1) gefüllt und alsdann wieder auf das Röhrchen gesteckt. Um das Verdunsten der Flüssigkeit zu verhindern, setzt man stets den Deckel *D* auf den Brenner. Der Behälter *V* dient zur Aufnahme von Magnesiumpulver und ist durch den Trichter *T* verschlossen. Letzterer wird abgeschraubt, wenn der Behälter mit Magnesiumpulver gefüllt werden soll. Bei Benutzung entzündet man den Brenner, drückt den Knopf *K* bis an den Ansatz *a* in die Höhe und erschüttert den Apparat durch Anklopfen mit dem Finger, wodurch eine ganz bestimmte Menge Pulver in den Schieber *B* fällt. Zieht man diesen zurück und dreht ihn gleichzeitig, so daß man das Pulver durchschneidet, so ist der Apparat zum Gebrauch geladen. Durch Zusammenpressen des Gummiballens *G* wird das Magnesiumpulver zentral

1) Eders Jahrb. f. Phot. 1902, S. 453.
2) Eder, Phot. Korresp. 1897.
3) Genauer beschrieben in der vorigen Auflage dieses Werkes.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

durch die Flamme gestoßen und vollständig entzündet. Dem Apparat ist ein gabelförmiger Halter *H* beigegeben.

---

b) Eintragung des Magnesiumpulvers in eine brennende Flamme von oben.

Bei manchen Lampenkonstruktionen wird das Magnesiumpulver durch Blasen von oben aus einer kleinen Schale in die Flamme gewirbelt.

Fig. 317. Lechners Blitzlichtlampe.

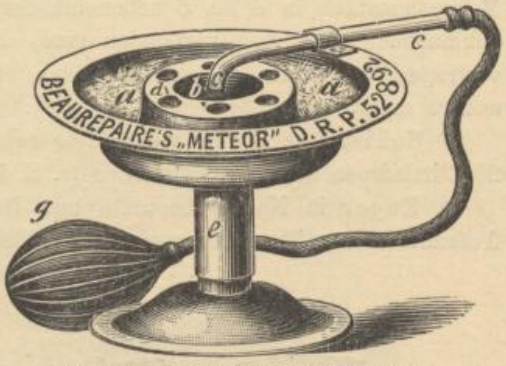


Fig. 319. Beaurepaires' Blitzlichtlampe.

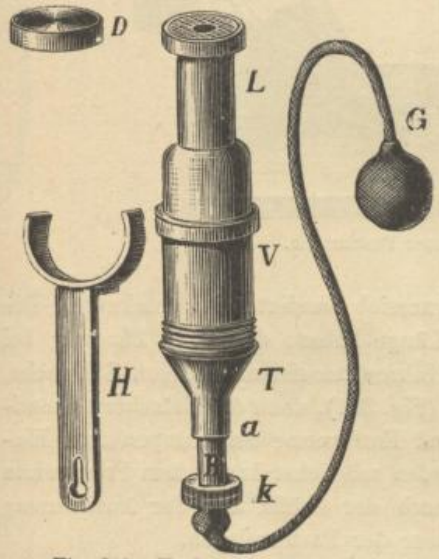


Fig. 318. Haakes Blitzlichtlampe.

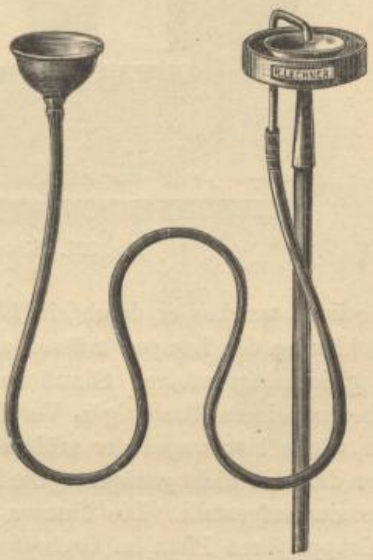


Fig. 320. Lechners kleine Blitzlichtlampe.

Die ersten Versuche dieser Art von Larkin wurden bereits auf Seite 517 erwähnt.

Hierher gehört Beaurepaires' Lampe (Fig. 319). Dieselbe besteht aus einem Teller, der in der Mitte einen Kessel *b*, herum eine Rinne *a* und zwischen beiden Luftlöcher *d* enthält. Das Rohr *c* mündet

in den mit Magnesiumpulver gefüllten Kessel und treibt das Pulver in die Höhe. Die Lampe *a* bildet eine ringförmige Weingeistflamme, welche das Magnesium entzündet[1]).

Lechners (Wien) kleine Blitzlichtlampe (Fig. 320) beruht auf demselben Prinzip; sie enthält in der Mitte eine kleine Eisenschale, welche von einer ringförmigen Benzinflamme umgeben ist. Durch einen Schlauch mit Mundstück wird das Magnesium emporgestäubt und verbrennt in der Flamme. Die Lampe wird an einem Stock hochgehalten.

Zu Gruppenaufnahmen in geschlossenen Räumen (z. B. bei Festtafeln usw.) wird gegenwärtig häufig Magnesiumpustlicht verwendet. Man bläst reinen Magnesiumstaub in 4 bis 6 nebeneinander gestellte Lampen (welche mit gegabelten Schläuchen unter sich verbunden sind) durch Weingeistflammen. Manche Lampen vertragen nur eine Beschickung bis etwa $^1/_2$ g Magnesiumpulver pro Lampe, andere mehr.

Schirm in Berlin verwendete schon im Jahre 1889 in seinem Atelier bis 20 Blitzlampen seiner Konstruktion (s. S. 525).

Roger in Nancy benutzte zur Durchführung einer Reihe sehr gelungener Aufnahmen von Theaterszenen eine größere Anzahl Lampen. Er verwendete reines

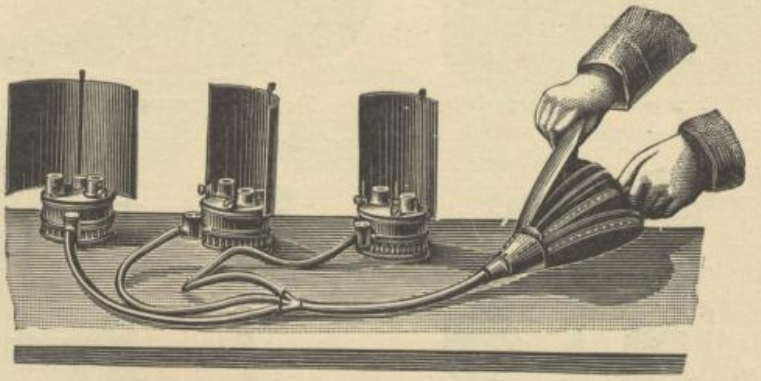


Fig. 321. Kombination mehrerer Pustlampen.

Magnesium, welches er durch ein feines Seidengazesieb passierte und trocknete. Die Luftschläuche der Lampen müssen alle gleiche Länge haben, damit die Zündung bei allen gleichzeitig erfolge. Sämtliche Schläuche führen zu einem einzigen Schlauche, welcher mit einem Blasebalg in Verbindung steht (Fig. 321), denn ein einfacher Gummiballon würde hier wegen der größeren Anzahl und Entfernung der Lampen zum Eintreiben der Luft nicht genügen. Die Lampen wurden möglichst knapp dem Proszenium beiderseits aufgestellt. Die Kamera erhielt je nach der Größe und der Ausdehnung der Gruppe ihren Platz im Orchester oder in einer der Parterrelogen.

Auch C. Klary empfahl 1892 eine von Slingsby angegebene Kombination von 24 zusammengeschalteten Magnesiumpustlampen, welche mit einem Blasebalg verbunden waren[2]).

Das Bedürfnis, mehrere Magnesiumblitzlampen gleichzeitig pneumatisch zu entzünden, gab zu mehrfachen Konstruktionen Anlaß, welche in der Verzweigung

1) D. R.-P. Nr. 52892. Eders Jahrb. f. Phot. 1892, S. 376.

2) Klary, La photographie nocturne, Paris 1903.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

eines starken Luftstromes mittels Gummischläuchen beruhen. Ein Beispiel gibt die Ende 1894 von Williams, Brown und Earle in Philadelphia in den Handel gebrachte „Compound-Sun-Flash-Lamp", welche in Fig. 322 abgebildet ist. Das Magnesiumpulver befindet sich in einem langen, schmalen Troge, worüber vier oder mehr Weingeistlampen angebracht sind; beim Einblasen eines kräftigen Luftstromes in einen Schlauch wird unter jeder Lampe Magnesium aufgewirbelt, welches in breiter Fläche verbrennt; das Stativ ist 3 bis 9 Fuß hoch (Eders Jahrb. f. Phot. 1895, S. 454).

Eine neuere Magnesiumpustlampe mit zehn gleichzeitig pneumatisch (mit dem Mund ausgeblasenen Magnesiumbehältern [Messing-Eisen]) bringt Triebel in Wien[1]) in den Handel (Fig. 323). Der ganze Boden des Apparates ist mit einer Asbestplatte belegt, auf welche Spiritus gegossen, angezündet und durch deren Öffnungen dann das Magnesium mit dem Mundstück durchgeblasen wird. Ein Deckel dient zum Auslöschen der Spiritusflamme.

Heinrich Axtmann und Gustav Wollner in Plauen i. V. erhielten ein D. R.-P. Nr. 73943 vom 28. April 1892 auf eine Magnesiumblitzlampe für Gas. In den auf dem Pulverbehälter *c* angeordneten Brenner ist ein Rohr *i* derart eingesetzt, daß sein unteres Ende in das Magnesiumpulver taucht und ein Ringsraum *r* für den Durchtritt des Gases frei bleibt. Soll ein Blitzlicht erzeugt werden, so wird eine in dem Gaszuleitungsrohr *a* angeordnete Druckvorrichtung in Tätigkeit gesetzt, wodurch eine Stichflamme an der Brennermündung gebildet und zugleich das Magnesiumpulver durch das Rohr *i* in diese Stichflamme gedrückt wird (Fig. 324). Die Brennermündung kann auch mit einem besonderen Ringbrenner umgeben sein, um zwei verschiedene Gase getrennt zuzuführen (Eders Jahrb. f. Phot. 1895, Seite 256).

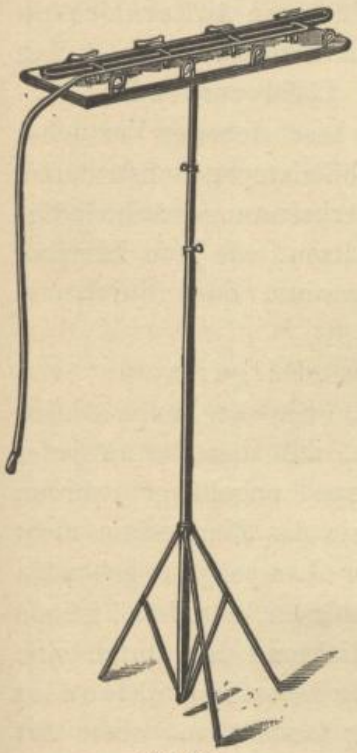


Fig. 322.
Kombinierte Blitzlichtlampe.

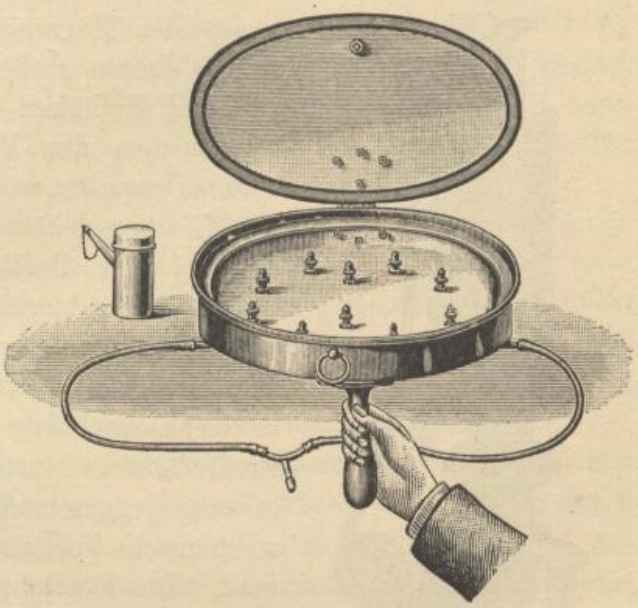


Fig. 323. Magnesiumpustlampe.

1) Eders Jahrb. f. Phot. 1904, S. 313.

In dieser Richtung stellte ferner W. H. Harrison[1]) im Jahre 1884 Versuche an, welche ähnlich wie die vorhin beschriebenen sind. Er schüttete Magnesiumpulver mit Sand gemischt mittels eines Trichters in eine Flamme, wodurch eine lange, mächtige, rasch vorübergehende Magnesiumflamme entsteht, bei welcher er Porträtaufnahmen machte.

Fig. 324.

Jedoch ist die Beimengung von Sand bei diesem Versuche ganz überflüssig, da er nur die Verbrennungsgeschwindigkeit herabsetzt. Wirft man reines Magnesiumpulver von oben in eine Kerzen- oder Weingeistflamme, so verbrennt dasselbe blitzschnell; man hüte sich jedoch, bei diesem Versuche das Magnesiumpulver zwischen den Fingern zu halten und über der Flamme auszustreuen, da die Flamme äußerst rasch emporzüngelt und die Hand schwer verbrennen kann. Man muß deshalb zum Versuche einen langstieligen Löffel verwenden.

Auf Grund des hier beschriebenen Versuches lassen sich Magnesiumblitzlampen konstruieren, welche ebenso große Verbrennungsgeschwindigkeit und Helligkeit besitzen, wie jene Lampen, bei welchen das Magnesium quer durch die Flamme gepustet wird.

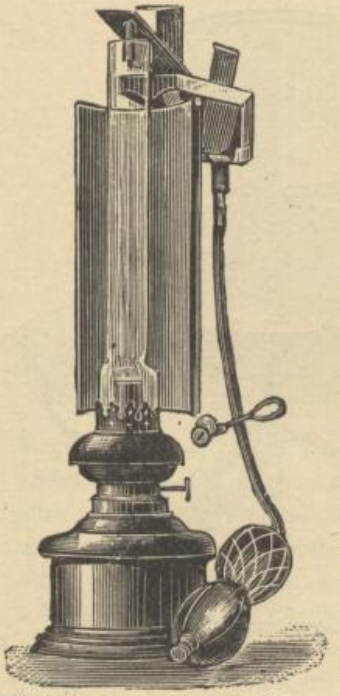


Fig. 325. Hesekiels Fulgurlampe.

Hierher gehört die „Fulgurlampe“ von Hesekiel in Berlin[2]). Sie ist hauptsächlich dadurch charakterisiert, daß dieselbe an jeder beliebigen Zylinderlampe angehängt werden kann und daß durch sie das Magnesium nicht in der Zugrichtung der Lampengase gehenden Preßluftstrom hineingeblasen, sondern gerade in entgegengesetzter Richtung und durch eine mechanische Vorrichtung hineingeschleudert wird. Die Vorrichtung besteht aus einer Art durch Federkraft gespannter und pneumatisch zu lösender Schleuder und kann am oberen Zylinderende eines jeden Petroleum- oder Gasbrenners angehängt werden, wie Fig. 325 zeigt.

Der Vorteil der Lampe ist, daß das Magnesiumoxyd nicht in der Luft verteilt, sondern als weißer Beschlag am Lampenzylinder sich

1) Brit. Journ. of Phot. 1884, S. 123; Phot. Wochenbl. 1884, S. 96.

2) Die Fulgurlampe ist nach Illjinskys Patent hergestellt (Eders Jahrb. f. Phot. 1890, S. 60).

abscheidet, ohne die Anwesenden zu belästigen. Dagegen tritt der Nachteil auf, daß dieser Beschlag die Lichtkraft des „Blitzes" beeinträchtigt und der Lampenzylinder jedesmal sorgfältig gereinigt werden muß.

Baltin stellte 1890 mit dem „Fulgurapparate" hübsche Gruppenaufnahmen her, indem er denselben an der Hängelampe über dem Familientische befestigte.

IV. Magnesium-Sauerstofflicht.

Das Verbrennen von Magnesiumband in Sauerstoff kann in der Weise bewerkstelligt werden, daß man dasselbe spiralförmig rollt, an einem Drahte befestigt, diesen in einen flachen Kork steckt und dann das Ende des Magnesiumdrahtes über einer Flamme entzündet oder einen glimmenden Feuerschwamm einklemmt. Man senkt die Magnesiumspirale rasch in einen mit Sauerstoff gefüllten Ballon (Inhalt ca. 2 Liter), wo die Verbrennung sehr schnell mit blendend weißem Lichte erfolgt.

Die Verbrennung von Magnesiumband in Sauerstoff hat den Vorteil, daß sich ein sehr intensives Licht entwickelt und der Rauch von Magnesiumoxyd vollständig in der Flasche, worin die Verbrennung vorgenommen wurde, eingeschlossen bleibt. Die Kosten sind gering. Beklebt man die eine Seite der Flasche mit weißem Papier, so kann dies als Reflektor dienen. Porträtaufnahmen mit solchem Lichte stellten z. B. Kenyon[1]), M'Lellan[2]), Offord[3]), Humphrey[4]) u. a. dar.

Hierzu sei bemerkt, daß das beim Verbrennen von Magnesium in Sauerstoff in Glasballons entstehende Licht wesentlich heller ist als beim Verbrennen in Luft (s. unten); jedoch ist der photographische Effekt nicht um so viel besser, weil der Glaskolben, in welchem die Verbrennung erfolgt, sich schon während der Verbrennung mit weißem Magnesiumoxyd beschlägt und einen Teil des Lichtes absorbiert.

Nach einem englischen Patente der Londoner Platinotyp-Comp. (Patent Nr. 22747 von 1899) wird Magnesiumband oder -draht durch den elektrischen Strom in einem Sauerstoffballon zur Entzündung gebracht und automatisch der während der Verbrennung des Magnesiums verbrauchte Sauerstoff nachgefüllt. Damit das Magnesium sicher anbrennt, kann ein Stück Salpeterpapier nebst feinem Draht knapp beim Magnesiumband angebracht werden, welches sich beim Erglühen des

1) Brit. Journ. Phot. 1883, S. 61.

2) Brit. Journ. Phot. 1883, S. 224; Phot. Wochenbl. 1883, S. 159.

3) Phot. Wochenbl. 1887, S. 48.

4) Humphrey in London stellte Porträtaufnahmen mittels Magnesiumdraht, welcher in einem mit Sauerstoff gefüllten Ballon verbrannte, her (Phot. Archiv 1891, Seite 361).

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Drahtes unter dem Einflusse des elektrischen Stromes leicht entzündet und dann das Magnesium sofort zum Brennen bringt.

Die Einrichtung ist derartig getroffen, daß die Glasbehälter, in welchen die Verbrennung erfolgt, leicht gereinigt werden können[1]). — Auch diese Einrichtung hat keinen Eingang in die Praxis gefunden.

Die Verbrennung von Magnesiumpulver mittels Sauerstoff versuchte Piffard (Phot. News 1888; Phot. Korresp. 1888, S. 352); er verwendete zum Blasen des Magnesiumpulvers in eine Spiritusflamme Sauerstoff, welchen er in einem Reservoir mittels Druckpumpe komprimiert. Das Reservoir steht (mittels Kautschukschlauch) mit einer dem bekannten Zerstäuber ähnlichen Vorrichtung in Verbindung, in deren Gefäß das Magnesiumpulver enthalten ist. Fig. 326 versinnbildlicht den Gebrauch des Apparates.

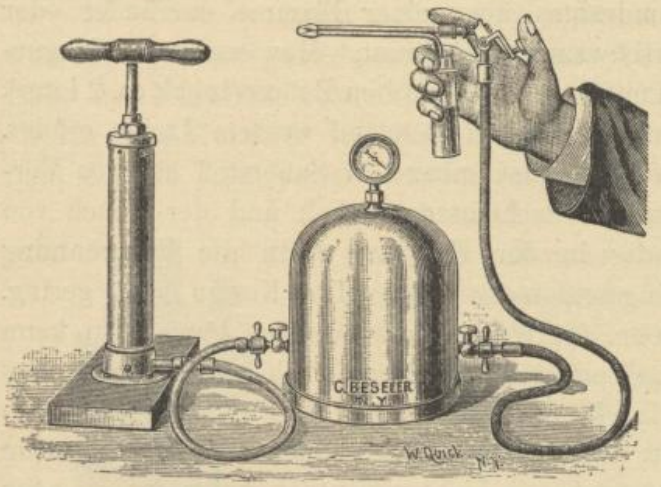


Fig. 326. Magnesium-Sauerstofflampe.

Eine helles und reichlich aktinisches Licht spendende Magnesiumlampe, in welcher Magnesiumpulver mittels der Leuchtgas- oder Wasserstoff-Sauerstoffflamme verbrannt wird, konstruierte Humphrey in London, welche Lampe von der Londoner Platinotyp-Comp. zum Zwecke des Kopierens von Platindrucken in den Handel gebracht wurde[2]).

Es ist dies eine Magnesiumlampe, bei welcher die Flamme durch eine Vereinigung von Sauerstoff und Wasserstoff oder Leuchtgas erzeugt wird. Diese Flamme ist an und für sich wenig lichtkräftig, dadurch aber, daß in derselben Magnesiumpulver verbrannt wird, erhält man eine ungemein lichtstarke Flamme, welche an chemischer Lichtkraft das Tageslicht um das Fünfzigfache übertrifft.

Der eiförmige, auf einem schweren Metallfuße ruhende Pulverbehälter dieser Lampe (Fig. 327) besitzt auf der einen Seite einen Hahn

1) Brit. Journ. of Phot. 1900, S. 521.

2) Phot. Korresp. 1892, S. 500; Phot. News 1892, S. 105. — Mercator, Die Verwendung künstlicher Lichtquellen zu Porträtaufnahmen und Kopierzwecken 1898. — Versuche zur Herstellung von Photographien bei Magnesium, welches in Sauerstoff verbrennt, machte auch Kiesling (Phot. Rundschau 1898, S. 217; Eders Jahrb. f. Phot. 1899, S. 451).

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

für die Wasserstoff- bezw. Leuchtgas-Zuleitung, auf der andern Seite einen solchen für die Sauerstoffgas-Zuleitung (*H* und *O*). Das Magnesiumpulver (*mm*) liegt auf dem Boden des Behälters. Wenn man nun zuerst den Leuchtgashahn ganz wenig öffnet, strömt das Gas in den Behälter und tritt oben am Brenner wieder aus. Hier zündet man es an und öffnet dann allmählich den Sauerstoffgashahn.

Der Sauerstoff strömt hierdurch auf zwei Wegen dem Brenner zu; einerseits durch eine, durch das Innere des Behälters führende Röhre (*O'*), andererseits durch eine außerhalb desselben hinführende, oben und unten knieförmig gebogene Röhre (*O''*). Oben beim Austritt treffen sich die beiden Rohrmündungen und führen hier am Brenner, der ganz ähnlich wie ein sogen. Sicherheitsbrenner bei einem Kalklichtapparat eingerichtet ist, eine Vermischung der beiden Gase herbei. Sobald die Flamme am Brenner die charakteristische eigentümliche blaue Farbe zeigt, dreht man den Leuchtgashahn ganz auf. Durch den hierdurch entstehenden starken Gasstrom, der sich durch das Innere des Behälters ergießt, wird nun sofort das auf dem Boden desselben liegende Magnesiumpulver mit in die Höhe nach dem Brenner geführt, wo es mit kolossaler Lichtfülle und längere Zeit anhaltend verbrennt. Erfahrungsgemäß genügt zum Kopieren eines Kabinettnegatives mittlerer Dichtigkeit auf Platinpapier mit Entwicklung eine Exposition von 30 bis 40 Sekunden bei einer Entfernung von der Lichtquelle von einem Meter.

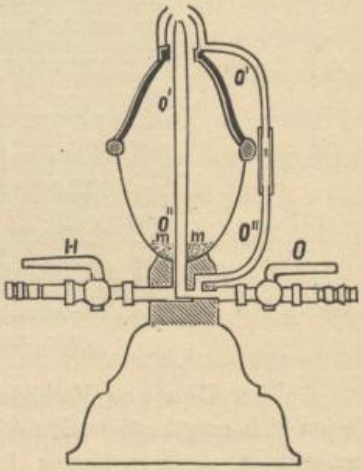


Fig. 327. Magnesium-Sauerstofflampe.

Diese Magnesiumlampe hat keine Verbreitung in der photographischen Praxis gefunden.

L. Boutan verwendete das in Sauerstoff verbrennende Magnesium zu Aufnahmen unter dem Meere. Boutans Apparat besteht in der Hauptsache aus einer mit Sauerstoff gefüllten Tonne, auf der eine Glasglocke angebracht ist, unter welcher ein mit Alkohol getränkter Docht brennt. Auf die Flamme dieses Dochtes wird mittels eines Gummiballons Magnesiumpulver so oft geworfen, als man Aufnahmen machen will. Die Tonne ist am unteren Ende mit Löchern versehen, wodurch erreicht wird, daß in gleichem Maße, wie der Sauerstoffinhalt sich vermindert, das Meereswasser eindringt, wodurch das Gleichgewicht zwischen dem Luftdruck im Innern der Tonne und dem äußeren Luftdruck hergestellt wird. So ausgestattet konnte Boutan ans Werk gehen. Er machte sich nun daran, den Meeresgrund der Bai du Troc in der Nähe von Banyuls-sur-Mer aufzunehmen, die ganz besondere Reize an sich trägt. Dort findet sich nämlich in ziemlich bedeutender Meerestiefe eine ungeheure Fläche haarförmiger Pflanzenbildungen, sog. Paucidonien, die dem, der auf den Meeresgrund hinuntersteigt, bis zur Brusthöhe reichen. Große Krabben treiben sich

zwischen diesen Pflanzen umher, unbewußt der Gefahr, welche ihnen von zahlreichen Kopffüßern (Cephalopoden) droht, die unter den Steinen sich verborgen halten und, wenn eine Krabbe an ihrem Versteck vorüberkommt, ihre Fangarme nach derselben ausstrecken, sie erfassen und zerdrücken, während sie die schnell dahin schwimmenden Fische nur selten festzuhalten vermögen.

Fig. 328. Magnesiumblitzlicht unter Wasser.

Über Boutans Methode zur Photographie bei Magnesiumlicht unter dem Meere finden sich eingehendere Mitteilungen (samt Figuren der Apparate) in Dillayes „Les nouveautés photographiques 1894“ (Paris, 1894, S. 224), sowie in der „Revue universelle“ (1894, S. 262), welcher wir Fig. 328 entnehmen. Der Taucher erhält durch *S* Luft zum Atmen, die Kamera *M* ist wasserdicht, der Schlauch *H* läßt durch pneumatischen Druck an einem Ballon Sauerstoff aus einer Tonne in ein Glasgefäß treten, worin Magnesium verbrannt wird (Eders Jahrb. f. Phot. 1894, S. 83 und 1895, S. 456).

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

FÜNFUNDZWANZIGSTES KAPITEL.

MAGNESIUMBLITZLICHT- UND ZEITLICHT-GEMISCHE.

I. Magnesiumblitzlicht-Mischungen.

Mischt man Magnesiumpulver mit feinverteilten sauerstoffreichen Substanzen, so brennen diese Mischungen je nach der Art der Sauerstoffträger bald blitzschnell, explosionsartig ab oder sie verpuffen mehr oder weniger schnell mit mäßigem Geräusch. Zündsätze, welche beim Entzünden viel Gas in kurzer Zeit entwickeln, erweisen sich bekanntlich häufig (namentlich in geschlossenen Räumen) als brisante Sprengmittel.

In der photographischen Praxis ist von der Verwendung von Blitzlichtmischungen, welche Explosionsgefahr mit sich bringen, abzusehen. Auch die sogenannten „gefahrlosen" Mischungen können gefährlich werden, wenn man sie ungeschickt verwendet. Man darf beim Entzünden der mit starker Hitze hoch aufflammenden Blitzlichtpulver niemals die Hand oder das Gesicht oder brennbare Gegenstände in die Flammennähe bringen, sonst sind schwere Verbrennungen zu erwarten. Die Zündung soll mittels Lunten oder Perkussions- oder elektrischen Zündern, niemals mit einem in der Hand gehaltenen Zündhölzchen geschehen. Niemals dürfen explosive Magnesiumblitzpulver in Pustlampen, welche für reines Magnesiumpulver bestimmt sind, verbrannt werden, weil sie die Lampen (selbst starke Metallkörper) zerschmettern würden. Unkenntnis oder Leichtfertigkeit in dieser Richtung haben wiederholt zu schweren Unglücksfällen Veranlassung gegeben. Deshalb sollen explosive Mischungen oder Magnesiumblitzlichtgemische überhaupt beim Verkaufe besonders bezeichnet werden, damit sie nicht aus Versehen in Pustlampen gefüllt und dort abgebrannt werden.

Auch können Blitzpulver (z. B. mit Chlorat), welche in kleineren Mengen (z. B. 1 bis 10 g) beim freien Abbrennen gefahrlos verpuffen, in großen Mengen (z. B. 30 bis 100 g) mitunter schwere Explosionen geben.

Manche Magnesiumgemische unterliegen einer Selbstentzündung (z. B. Magnesium mit Kadmiumnitrat), andere halten sich im gemischten Zustande unbegrenzt lange (z. B. mit Braunstein); manche Gemische

SLUB Wir führen Wissen.
gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

sind beim ruhigen Liegen ganz haltbar, explodieren aber mitunter durch Schlag und Stoß (z. B. Chloratgemische).

Man kennt aber auch haltbare und ganz gefahrlose Blitzlichtpulver, welche Berufsphotographen und Amateure anstandslos zu verwenden pflegen und ein äußerst wertvoller Behelf für die Photographie bei künstlichem Licht sind.

Die Bestandteile der Blitzlichtpulver müssen sehr fein gepulvert und innig gemischt sein. Sind sie nicht fein gerieben, so brennt das Blitzlicht nicht nur langsamer ab, sondern es stellt sich häufig Funkensprühen ein, indem glühende Partikelchen garbenartig weggeschleudert

Fig. 329. Funkensprühendes Blitzlichtpulver.

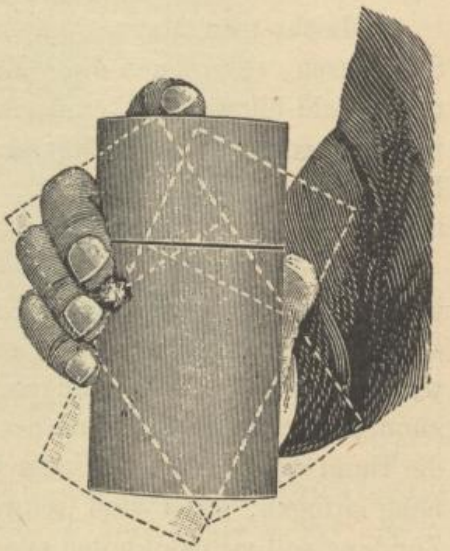


Fig. 330. Mischungsschachtel.

werden, womit die Gefahr verbunden ist, daß in Teppiche oder dergl. kleine Löcher gebrannt werden. Fig. 329 zeigt das Funkensprühen eines derartigen Magnesium-Permanganat-Gemisches (daneben einen Zentimetermaßstab zur Messung der Flammenhöhe).

Ist das Blitzlichtpulver stellenweise zu Klümpchen zusammengeballt, so werden diese beim Abbrennen fortgeschleudert und können Schaden anrichten. Man zerkleinere also solche Klümpchen vorsichtig durch leises Drücken mit einer langen Holzspachtel oder dergl.

Voltz, Weiß & Comp. in Straßburg brachten Aluminiumpulver und Perchlorat in separater Verpackung in den Handel und siebten und mischten es in eigenen Mischschachteln. Dieselben trugen im Innern eine feine Stoffgaze, durch welche das Pulver durch Drehen (Fig. 330) gemischt und feinst gesiebt wird (Eders Jahrb. f. Phot. 1902, S. 455).

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Praktisch und sinnreich ist die Mischvorrichtung und Packung von Seib (Photochemische Werke „Tip-Top“ in Wien) für Blitzlichtpulver. Es wird den Postversandbestimmungen entsprechend getrennt gepackt. Da jedoch nur ein einwandfrei gemischtes Pulver volle Ausnutzung beim Verbrennen gewährleistet, enthalten die Kartons von 25 bis 300 g Inhalt eine Siebeinrichtung, welche es ermöglicht, ein absolut homogenes Gemisch herzustellen (Fig. 331).

Beim Internationalen Kongreß für angewandte Chemie in Wien 1898 wurde beschlossen, daß die im Handel erscheinenden Magnesium-Beleuchtungsapparate unter der Bezeichnung „Magnesiumpulver“ (wenn es sich um reines Magnesium handelt) und „Blitzlichtpulver“ (wenn es sich um Gemische von Magnesium mit sauerstoffreichen Substanzen handelt) im Handel verkauft werden sollen.

Blitzlichtgemische sind fast alle vom Postversand ausgeschlossen; sie müssen per Feuerzug durch die Eisenbahn versandt werden. Deshalb bringen verschiedene Fabrikanten seit Jahren ihr Blitzlichtpulver in getrennter Packung in den Handel.

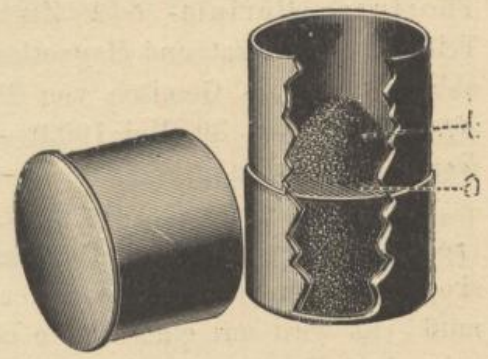


Fig. 331.
Seibs Mischungsschachtel für Blitzlichtpulver.

Rauchschwache Blitzlichtgemische erhält man durch Verwendung von Sauerstoffträgern, welche größeres spezifisches Gewicht und geringe Flüchtigkeit besitzen. Relativ leicht verdampfende Salze, wie Kalium- oder Natriumverbindungen (z. B. in Kaliumchlorat, -nitrat, -permanganat usw.) geben viel Rauch, während Mangansuperoxyd, Thoriumnitrat, Strontiumnitrat, Kadmiumnitrat usw. rauchschwache Blitzpulver ergeben.

Magnesiumpulver brennt gemischt mit manchen Nitraten, z. B. Thoriumnitrat, Kaliumnitrat, Ammoniumnitrat, blitzschnell ab, mit anderen Nitraten aber ziemlich langsam, z. B. mit Ceriumnitrat. Die Salpetersäure der Nitrate liefert bei vollständiger Verbrennung Stickstoff, bei unvollständiger nebenbei ein wenig Stickstoffoxyd oder Untersalpetersäure.

Der Ausgangspunkt zur Herstellung rauchschwacher Blitzpulver ist in den Arbeiten von York Schwartz und W. Knauer gelegen (D. R.-P. 1897, Nr. 101528; ferner Schwartz, D. R.-P. 1898, Nr. 111155; vgl. Eders Jahrb. f. Phot. 1903, S. 398), indem sie dem Magnesiumpulver indifferente Substanzen, welche mit dem Magnesiumoxyd zusammensintern (Kieselsäure, Borsäure), oder Gips, Strontiumsulfat usw. zusetzten;

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

sie brachten auch Patronen in den Handel (Deutsche Phot.-Ztg. 1897, S. 170; 1898, S. 67).

Die Firma Helios (G. Krebs in Offenbach a. M.) verwendet zur Herstellung eines rasch abbrennenden, rauchschwachen Pulvers Zusätze von 10 Teilen Oxyden der alkalischen Erden zu einem Gemenge von 100 Teilen Aluminium und Magnesium, 200 Teilen Nitraten und 5 Teilen amorphem Phosphor (D.R.-P. Nr 133690). Dabei wird die Bildung von phosphorsauren Salzen bei der Verbrennung angestrebt, weil die Phosphate schwerer flüchtig sind.

G. W. Betz mischt 96 Teile Bariumnitrat, 48 Teile Strontiumnitrat, 48 Teile Magnesiumpulver und schließlich 12 Teile roten amorphen Phosphor, welchen er zuvor mit Äther gewaschen und getrocknet hatte (Brit. Journ. Phot. 1911, S. 213).

Magnesiumblitzlichtpulver mit Thoriumnitrat.

Die Aktiengesellschaft für Anilinfabrikation ließ Magnesium- oder Aluminiumblitzlichtpulver unter Verwendung von Thorium-, Cerium- oder Zirkonnitrat patentieren, z. B. gleiche Teile Thoriumnitrat und Magnesium, welches Gemisch dreimal so rasch abbrennt als das Gemisch von Magnesium mit Manganoxyd (D.R.-P. Nr. 158215 vom 30. Mai 1903). — Es ist jedoch vorteilhafter, relativ weniger Nitrat zu nehmen.

Man mischt vor dem Gebrauche 1 Teil Magnesiumpulver mit $^1/_2$ Teil trockenem gepulvertem Thoriumnitrat, welches (da es sehr hygroskopisch ist) in wohlverschlossenen Flaschen separat aufbewahrt werden muß. Es wird mit einer Lunte oder anderer Zündung zum Abbrennen gebracht. Es brennt sehr rasch und mit geringer Rauchentwicklung ab. — Die Farbe der Flamme ist weiß und das Spektrum kontinuierlich, so daß es auch eine geeignete Lichtquelle zu Aufnahmen farbiger Gegenstände, insbesondere auch für Autochromplatten (mit geeigneten Gelbfiltern) abgibt[1]).

Man mischt wohl auch Thoriumnitrat mit Kaliumnitrat und es kommen solche Gemische für Blitzpulver in den Handel.

Ceriumnitrat oder Zirkonnitrat brennt in solchen Magnesiumgemischen nicht so rasch ab (s. S. 556).

Mit Strontiumnitrat.

Magnesiumpulver gibt mit Strontiumnitrat ein brauchbares Blitzlichtpulver (Meydenbauer 1887).

Friese Greene stellte in der Versammlung der „Phot. Society of Great Britain“ am 22. Mai 1888 Porträtphotographien bei Magnesium-

1) Die Verwendung des Magnesium-Thoriumnitratblitzlichtpulvers für Autochromaufnahmen wurde zuerst von Eder vorgeschlagen und von Novak und Keßler in die Praxis eingeführt (Phot. Korresp. 1910, S. 115 und 142).

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

blitzlicht her, dem er Strontiumnitrat beigemengt hatte, und gibt an, auf diese Weise Photographien erhalten zu haben, welche weniger der Retusche bedürfen (Eders Jahrb. f. Phot. 1889, S. 378).

Man mischt ungefähr 2 Teile Magnesiumpulver mit 3 Teilen feinst gepulvertem, bei 100° C getrocknetem Strontiumnitrat oder eventuell gleiche Teile beider Bestandteile.

Die Blitzlichtpulver mit Strontiumnitrat sind gefahrlos, unempfindlich gegen Schlag und Stoß und unterliegen kaum einer Selbstentzündung.

In diesem Blitzlicht tritt ein kontinuierliches Spektrum auf mit orangeroten Strontiumlinien und -bändern (vgl. Tafel IX Nr. 3), ohne daß die rote Farbe (die für die bengalische Flamme charakteristisch ist) hier besonders auffällig hervortritt. Die Farbenwiedergabe ist gut, besser als beim reinen Magnesiumlicht, und man verwendet die Strontiumgemische wohl auch gerne für „panchromatische" Leuchtsätze, da die Beimengung an rot-orangefarbigen Strahlen für die Farbenwiedergabe förderlich ist.

Allerdings ist der Gesamtlichteffekt etwas geringer als beim Magnesium-Thoriumnitratblitzlicht, aber die Schnelligkeit und Gefahrlosigkeit des Strontiumblitzlichtes sind sehr befriedigend; letzteres wird in der Praxis häufig verwendet, insbesondere auch für sog. „Zeitlichtgemische" (siehe Seite 554).

Mit Kalisalpeter.

Auf Blitzlichtgemische von Magnesium mit Kaliumnitrat machte Meydenbauer 1887 aufmerksam.

Gleiche Teile Magnesiumpulver und Salpetermehl oder zwei Teile Magnesiumpulver und drei Teile Salpeter geben ein gutes Blitzlicht.

Eine Mischung von Magnesiumpulver und Salpetermehl, welche man in eine schmale, flache, eiserne Rinne streut und mittels eines Zünders entzündet, brennt gefahrlos selbst in großen Massen ab, jedoch knallt es ziemlich stark.

Die Verbrennung erfolgt nach der Gleichung: $5\,Mg + 2\,KNO_3 = K_2O + N_2 + 5\,MgO$.

Wie man sieht, bildet sich Ätzkali, welches im Hals und den Luftwegen kratzt und zum Husten reizt, ferner ist etwas Gasentwicklung (Stickstoff) vorhanden. Das Magnesiumsalpetergemisch ist haltbar und gefahrlos aufzubewahren, jedoch verhält es sich ungünstiger als die Gemische mit Thoriumnitrat, weil es stark raucht, ein diskontinuierliches Spektrum gibt und kein so weißes Licht liefert.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Mit Kadmiumnitrat.

Gemische von Magnesium mit Kadmiumnitrat geben, wie zuerst Franz Novak[1]) fand, ein sehr aktinisches und rasch abbrennendes Blitzpulver. Leider unterliegt das Gemisch leicht einer Selbstentzündung, wobei es zuerst rote Dämpfe von Untersalpetersäure ausstößt, dann verpufft. Macht man das Kadmiumnitrat schwach basisch, so erfolgt die Selbstentzündung in der Regel nicht. Immerhin soll man das Gemisch niemals längere Zeit im Vorrat aufbewahren und es ist nicht ungefährlich.

Man stellt sich schwach basisches Kadmiumnitrat her, indem man z. B. 100 g Kadmiumnitrat in einer Porzellanschale mit heißem Wasser löst, einige Tropfen 10prozentige Natronlauge zusetzt, bis ein geringer Niederschlag entsteht. Das Ganze wird dann unter öfterem Umrühren im Wasserbade zur Trockne eingedampft und hierauf noch einige Zeit im Trockenschrank auf 105° erwärmt. Es wird gepulvert und 1 Teil Magnesiumpulver mit 1 Teil dieses Kadmiumnitrates vermischt. — Auch obiges Gemisch wird erst vor dem Gebrauche gemischt (Novak a. a. O.).

Mit Ammoniumnitrat.

A. Lainer[2]) versuchte ein Gemisch von gleichen Teilen Magnesium und Ammoniumnitrat[3]). Es bildet sich beim Abbrennen Magnesiumoxyd, Stickstoff und Wasserdampf ($Mg + NH_4NO_3 = MgO + 2\,H_2O + N_2$). Das Pulver ist rauchschwach, die Raschheit des Abbrennens aber geringer als beim Blitzgemisch mit Permanganat. Ferner ist die starke Hygroskopizität des Salzes sehr störend, so daß das Gemisch keinen Eingang in die Praxis fand.

Mit Natriumnitrat.

Newcomb mischte 1 Teil Magnesiumpulver mit 5—7 Teilen trockenem Natronsalpeter und entzündete das Gemisch wie das mit Kalisalpeter hergestellte Blitzpulver; es entwickelt sich, zufolge der Gegenwart des Natriumsalzes, ein gelbes Blitzlicht, welches auf orthochromatischen Platten einen ähnlichen Effekt geben soll, wie orthochromatische Aufnahmen mit Gelbscheibe (Eders Jahrb. f. Phot. 1890, S. 302).

Auf diesen Vorschlag kam H. Traut später zurück[4]).

Dieses Gemisch ist jedoch nicht besonders empfehlenswert, weil in dem Licht das Rot usw. ziemlich fehlt und mit dem dominierenden monochromen Gelb nicht viel anzufangen ist.

Besser sind Gemische von Natriumnitrat mit Strontiumpräparaten, welche allerdings mehr für panchromatische Zeitlichtpatronen (s. diese) als für Blitzlicht in den Handel kommen.

Mit Lithiumkarbonat oder Strontiumkarbonat.

Gemische von gleichen Teilen Magnesiumpulver und Lithiumkarbonat geben ein rötliches Licht mit stark dominierenden Lithiumlinien (s. Tafel IX, Fig. 1).

---

1) Phot. Korresp. 1907, S. 388.

2) Phot. Korresp. 1899; Eders Jahrb. f. Phot. 1899, S. 313.

3) Es muß vor seiner Verwendung bei möglichst gelinder Wärme geschmolzen und luftdicht aufbewahrt werden (Lainer).

4) Phot. Korresp. 1898, S. 103.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Magnesium mit Strontiumkarbonat wird zu Zeitlichtpatronen (siehe Seite 554) verwendet.

Mit Kaliumpermanganat.

Magnesium und Kaliumpermanganat, in der zur völligen Verbrennung von 1 g Magnesium nötigen berechneten Menge des Sauerstoffüberträgers, d. i. 3 g Kaliumpermanganat, verbrennt explosionsartig, ohne jedoch die volle Wirkung des Magnesiums zur Geltung gelangen zu lassen, welche erst bei einem Verhältnis von 1 Teil Magnesium auf $^3/_4$ bis 1 Teil Hypermanganat zur vollen Geltung kommt. Es entsteht bei der Verbrennung Ätzkali, Manganoxyd und Magnesiumoxyd (Eder und Valenta[1]).

Das Blitzlichtpulver mit Hypermanganat explodiert nicht durch Schlag und Stoß und kann in gemischtem Zustande gefahrlos transportiert werden, entwickelt aber beim Abbrennen zum Husten reizende Dämpfe von Kaliumoxyd. Man mischt 3 Teile fein gepulvertes übermangansaures Kali (Kaliumpermanganat) mit 4 Teilen Magnesiumpulver.

Das Blitzlichtpulver ist sehr wirksam, brennt schnell ab, gilt als gefahrlos (selbst bei längerem Aufbewahren in gemischtem Zustande) und wird an der k. k. Graphischen Lehr- und Versuchsanstalt oft (neben dem Thoriumblitzlicht und anderen) verwendet. Unangenehm ist die schwach bräunliche Farbe des entwickelten Rauches, sowie der Umstand, daß dieses Blitzlichtpulver mehr Funken sprüht als die meisten anderen (s. Seite 540).

O. Kunwald empfiehlt als Blitzlicht ein Gemisch von Magnesium, Kaliumhypermanganat und Schwefelantimon (Phot. Korresp. 1898, S. 401).

Stephard mischt Magnesiumpulver, Kaliumbichromat und Kaliumhypermanganat (Phot. News 1896; Eders Jahrb. f. Phot. 1897, S. 345). Jedoch bringen diese Zusätze keinen Vorteil mit sich.

Mit Mangansuperoxyd.

Auf die Verwendbarkeit von Mischungen von Magnesiumpulver mit Braunstein (Mangansuperoxyd) zu Blitzlicht machte zuerst Meydenbauer 1887 aufmerksam[2]), welchem die Priorität gebührt.

Später brachten die Farbenfabriken vorm. Fr. Bayer & Co. in Elberfeld Magnesiumblitzpulver in den Handel, welches aus Braunstein und Magnesiumpulver gemischt ist; es läßt sich lange Zeit unverändert aufbewahren und kann durch Schlag und Stoß nicht zur Explosion gebracht werden. Es brennt ziemlich schnell und mit wenig Rauch ab und ist wegen seiner Gefahrlosigkeit empfehlenswert[3]).

1) Phot. Korresp. 1891; Eders Jahrb. f. Phot. 1892, S. 372.
2) Phot. Wochenbl. 1887, S. 154.
3) Eders Jahrb. f. Phot. 1902, S. 451; Phot. Korresp. 1902.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Das Mangansuperoxyd muß feinst verteilt sein; gefälltes, getrocknetes Präparat ist gut verwendbar. Es wird zu gleichen Teilen mit dem Magnesiumpulver gemischt.

Die Verbrennungsdauer ist nicht so kurz wie beim Thoriumnitrat-, Permanganat- oder Chloratpulver.

Mit Chlorat oder Perchlorat. — Zusätze von Baryum-, Kupfersalzen usw.

Zu den stark explosiven Pulvern gehören die Mischungen des Magnesiumpulvers mit Kaliumchlorat unter Zusatz von Schwefelantimon[1]) oder rotem Phosphor[2]), welche an und für sich bei Schlag und Stoß enorm explosionsgefährlich sind; sie sollten in der photographischen Praxis nicht benutzt werden.

Harmloser sind die rasch abbrennenden Gemische von Magnesiumpulver mit Kaliumchlorat ($KClO_3$) oder Perchlorat ($KClO_4$), welche in der Hand des Erfahrenen wenigstens in kleineren Mengen gefahrlos sind.

Meydenbauer empfahl (1887) Mischungen von Magnesiumpulver mit Kaliumchlorat. Nach den chemischen Verhältniszahlen kommen auf 100 Teile Magnesiumpulver 168,4 Teile Kaliumchlorat; eine Mischung äquivalenter Mengen von Magnesium und Chlorat verbrennt jedoch explosionsartig mit dumpfem Knall. Vermehrung des Kaliumchlorates macht jedoch den Vorgang ungefährlich. Meydenbauer blieb schließlich bei einem Gemische von 1 Teil Magnesiumpulver, gemischt mit 2 Teilen Kaliumchlorat stehen.[3])

Magnesium verbrennt mit Kaliumchlorat nach der Gleichung: $3\,Mg + KClO_3 = 3\,MgO + KCl$.

Hauberrisser vermindert die Menge des Kaliumchlorats unter die theoretisch äquivalente Menge und hält ein Gemisch von gleichen Teilen Magnesium- und Kaliumchloratpulver für das günstigste; bei weiterer Verminderung des Chloratzusatzes tritt Abnahme der Lichtintensität ein[4]).

Das Mischen des Magnesiumpulvers mit dem gepulverten Kaliumchlorat soll auf einer Papierunterlage mit der Hand oder einer Federfahne geschehen. Niemals verreibe man das Gemisch von Kaliumchlorat mit dem

---

1) Die erste, älteste Blitzlichtmischung von Gaedicke und Miethe (1887) bestand aus 3 Teilen Magnesium, 6 Teilen Kaliumchlorat und 1 Teil Schwefelantimon. Sie wurde später wegen allzugroßer Gefährlichkeit außer Gebrauch gesetzt.

2) Empfohlen von Glasenapp (Eders Jahrb. f. Phot. 1893, S. 398; 1895, S. 11), welchem jedoch selbst durch eine Explosion solcher Gemische der Mittelfinger der Hand weggerissen wurde. Gemenge von Nitraten mit rotem Phosphor sind ungefährlich.

3) Phot. Wochenbl. 1887, S. 184.

4) Eders Jahrb. f. Phot. 1901, S. 70.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Magnesium oder noch weniger mit Schwefelantimon in einem Mörser, da hierbei eine heftige Explosion eintreten kann. Nach obigem Vorgange ist jedoch die Herstellung der Explosivpulver ganz gefahrlos. Keinesfalls halte man eine größere Quantität der Mischung im Vorrate, da sich dieselbe durch Unvorsichtigkeit unter Explosion entzünden könnte; das Aufbewahren der einzelnen Bestandteile ist gedoch gefahrlos!

Die Versendung der Mischungen von Magnesiumpulver und Kaliumchlorat ist vom Postverkehre ausgeschlossen.

Die Verwendung des überchlorsauren Kali in Magnesium-Blitzlichtgemischen führte zuerst Müller (1889) ein und zwar gemischt mit Kaliumchlorat[1]).

Überchlorsaures Kali (Kaliumperchlorat, $KClO_4$) und Magnesiumpulver verbrennt nach der Gleichung $KClO_4 + 4\,Mg = KCl + 4\,MgO$. Das überchlorsaure Kali verpufft mit Magnesium viel heftiger als chlorsaures Kali; das Licht ist äußerst intensiv.

Etwas langsamer, aber gleichfalls sehr intensiv verbrennt ein Gemisch von

30 Teilen überchlorsaurem Kali,
30 „ chlorsaurem Kali,
40 „ Magnesiumpulver.

Jeder Bestandteil wird für sich allein zuvor gepulvert und dann vorsichtig auf Papier (mit den Fingern) gemischt. Das Entzünden der Mischung geschieht mit Salpeterpapierlunten (S. 567). Das Gemisch brennt rasch, aber in größerer Menge mit ziemlich starkem Knall und viel Rauch ab.

Müller nahm eine Anzahl Höhlenbilder mit 3 bis 25 g dieses Gemisches auf. Die Verbrennung ist gefahrlos, wenn man das Pulver in Form eines langen, schmalen Walles aufschüttet; jedoch kann die Entzündung eines kompakten Haufens von 80 bis 100 g von diesem Pulver in geschlossenen Höhlen gefährlich werden, da starke Erschütterungen die Folge sind. Baron von Lilien stellte 1889 mit so großen Massen von Blitzpulver Photographien des Innern einer großen Höhle bei Salzburg her (Kolowratshöhle), welche wohl vortrefflich und ohne Nachteil für den Operateur gelangen, allein die Mischung übte eine Art Sprengwirkung, so daß ein dröhnender Schall erfolgte, welcher auf die außerhalb des Berges Befindlichen den Eindruck machte, als ob im Innern ein Bergeinsturz erfolgt sei. Es wird sich also vielleicht in solchen Fällen auch die Anwendung einer weniger heftig wirkenden Magnesiummischung oder Magnesiumzeitlicht empfehlen.

In neuerer Zeit kamen Magnesiumperchloratmischungen ohne Chloratzusatz in Verwendung. K. Visbeck in Stettin empfahl als Blitzlichtpulver ein Gemisch von 10 Teilen Magnesiumpulver und 20 Teilen gepulpertem Kaliumperchlorat (überchlorsaures Kali), von welchem er durchschnittlich 3 g abbrannte (Eders Jahrb. f. Phot. 1904, S. 314). Ganz dasselbe Gemisch empfahlen 1910 die Gebrüder Lumière und

1) Müller, Bedeutung und Verwendung des Magnesiumlichtes in der Photographie, Weimar 1889.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Seyewetz[1]) in Lyon für Autochromaufnahmen; das Gemisch brennt sehr rasch ab, entwickelt aber mehr Rauch als Thoriumnitratblitzlicht; letzteres zeigt auch ein besser geschlossenes kontinuierliches Spektrum.

Röhmann[2]) empfiehlt für Mikrophotographie das Magnesiumblitzlicht, eine Mischung von 96 Teilen Magnesiumpulver und 138 Teilen überchlorsaurem Kali verpufft mit geringem Rauch und außerordentlich hellem Lichte. Für orthochromatische Aufnahmen setzt er Natrium- und Baryumsalze zu und zwar mischt er

a) 10 g von obigem Gemische von Magnesium und überchlorsaurem Kali,

b) $^1/_2$ g Kochsalz,

c) 1 g eines Gemenges von 285 Teilen trockenen weinsauren Baryums mit 138 Teilen überchlorsaurem Kali.

Diese Gemische gaben bei 1000facher Vergrößerung und enger Blende sehr schöne kräftige Negative auf orthochromatischen Trockenplatten.

Zwei in der Folgezeit von Röhmann und Galewski[3]) empfohlene Mischungen sollen wegen ihres Kupfergehaltes besonders reich an grünen Strahlen sein: I. a) 138 chlorsaures Kali, 96 Magnesium; b) 1108 chlorsaures Kali, 724 essigsaures Kupfer; c) 131 chlorsaures Kali, 342 Magnesium. Man mischt 6 a, 1 b, 4 c. — II. 7 chlorsaures Kali werden mit 7 neutralem, weinsaurem Baryt gemischt, bei 100° getrocknet und dann 3 Magnesium und 0,5 Chlornatrium zugesetzt. Die Gemische brennen nach Neuhauß langsam ab.

Orthochromatisches Blitzlicht stellt Krebs nach seinem Patent (1904) durch Mischen von Magnesium- oder Aluminiumpulver mit Kupfer-, Zink-, Strontium-, Baryumsalzen usw. her, welche die Flammen bekanntlich färben (Eders Jahrb. f. Phot. 1906, S. 353).

Vorzügliche orthochromatische Blitzlichtpräparate sind die „Tip-Top-Blitzlichtpatronen“ usw. von Seib in Wien; sie enthalten Strontiumpräparate.

Mit Persulfat.

Mischt man Magnesiumpulver mit dem doppelten Gewicht überschwefelsaurem Kali (Kaliumpersulfat), so erhält man ein rasch abbrennendes Blitzlichtpulver (Jankó, Phot. Rundschau 1896, S. 28).

Das Persulfatgemisch brennt ähnlich wie das Permanganatgemisch ab (H. Keßler[4]).

Ähnlich wie Kaliumpersulfat, wirken auch andere überschwefelsaure Salze.

II. Diverse Gemische.

a) Mit chromsauren Salzen. Magnesium mit Ammoniumbichromat zu gleichen Teilen verbrennt verhältnismäßig langsam unter

1) Phot. Mitt. 1910, S. 324.

2) Phot. Mitt. 1890, Bd. 27, S. 122. — Auch Neuhauß, Eders Jahrb. f. Phot. 1892, S. 70.

3) Anthonys Bull., S. 552. — Eders Jahrb. f. Phot. 1892, S. 70.

4) Phot. Korresp. 1898, S. 483.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

schwach zischendem Geräusche und Entwicklung von Wasserdampf und Ammoniak, während zugleich Chromoxyd und Magnesiumoxyd gebildet werden. — Das Gemisch von Kaliumbichromat mit gleichen Teilen Magnesiumpulver verbrennt etwas rascher als das vorige, jedoch immer noch ziemlich langsam. Es werden bei der Verbrennung Kaliumoxyd, Chromoxyd und Magnesiumoxyd gebildet (Eder und Valenta[1]).

Magnesiumpapier für Beleuchtungszwecke. Man bedeckt ein Blatt Papier mit einer Schicht von Stärkekleister, streut darüber Magnesiumpulver und reibt es hinein, so daß eine genügende Menge des letzteren hängen bleibt. Nach dem Trocknen leimt man ein Blatt Fließpapier, welches zuvor in einer konzentrierten Lösung von Kaliumbichromat getränkt wurde, darüber, trocknet neuerdings und schneidet in Streifen. Dieses Papier brennt mit intensiv hellem Lichte ab (Bulletin du Photo-Club 1. Mai 1896; Bull. Soc. franç. 1896, S. 323; Eders Jahrb. f. Phot. 1897, S. 344).

b) Mit Oxyden oder Salzen der seltenen Erden, Vanadinsäure, Wolframaten usw. Über eine brennbare Mischung zur Erzeugung von aktinischem Licht berichtet C. Bethge in Berlin Langsam abbrennende Mischungen von hoher Lichtintensität und starker aktinischer Wirkung erhält man durch Mischen von Magnesiumpulver mit Oxyden oder Salzen der seltenen Erden. Letztere dienen als Sauerstoffüberträger, wodurch die Verbrennungstemperatur des Magnesiums erhöht und damit eine glänzendere Lichtwirkung erzeugt wird. Dieselbe Wirkung bringen auch alkalische Erden hervor, wodurch natürlich eine entsprechende Färbung des Lichtes hervorgerufen wird. Zur Erzielung einer gleichmäßigen Intensität empfiehlt sich der Zusatz geringer Mengen von Vanadinverbindungen. Das Wesentlichste bei Herstellung dieser Mischungen ist aber ein großer Überschuß von Magnesium, welcher mindestens die dreifache Menge des Äquivalentgewichtes der Beimengungen betragen muß und bis zur zehnfachen Menge desselben steigen kann. Man mischt z. B. 250 Teile Magnesiumpulver mit 1. 150 Teilen Ceriumoxyd, 2. 150 Teilen Ceriumoxyd und 8 Teilen Vanadinsäure, 3. 100 Teilen Ceriumoxalat, 4. 75 Teilen Kalziumhydroxyd, 5. 50 Teilen Ceriumoxyd und 50 Teilen Kalziumhydroxyd, 6. 50 Teilen Manganoxyd, 7. 50 Teilen Ceriumoxyd und 25 Teilen Manganoxyd. 2 bis 3 g dieser Mischungen brennen in etwa 30 Sekunden ab (V. St. Amer. Pat. Nr. 908837 vom 5. Januar 1909; Chem.-Ztg., Repert. 1909, S. 140; Eders Jahrb. f. Phot. 1910, S. 354).

1) Phot. Korresp. 1891, S. 511.; Eders Jahrb. f. Phot. 1892, S. 372.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

C. Bethges Erfindung bezweckt die Herstellung hochaktinischer Blitzlicht- und Zeitlichtmischungen. Die Neuerung besteht darin, daß die für solche Zwecke üblichen Metalle, wie Magnesium, Aluminium und Metalle der alkalischen Erden, mit den unlöslichen oder schwerlöslichen schwermetallsauren Salzen des Thors oder mit Salzen des Thorsuperoxyds gemischt werden. Von den bekannten Verbindungen des Thors mit Schwermetallsäuren kommen in erster Linie Chromat und Wolframat in Betracht. Ersteres eignet sich in der wasserhaltigen und wasserfreien Form besonders für Blitzlicht wegen seiner sehr energischen Verpuffung. Mit Magnesiumpulver bildet es unveränderlich haltbare Blitzlichtmischungen, und zwar kommen etwa 30 bis 35 Teile Magnesiumpulver auf 70 Teile Thorchromat. Das Wolframat bewirkt eine etwas langsamere Verbrennung und eignet sich deshalb für Zeitlichtmischungen. Das Thorsuperoxyd wird als Nitrat, Sulfat oder Perchlorat verwendet. Das Thorsuperoxyd bedingt neben energischer Verpuffung eine fast rauchfreie und geruchlose Verbrennung (D. R.-P. Nr. 212899 vom 17. August 1906; Chem.-Ztg., Repert. 1909, S. 484; Eders Jahrb. f. Phot. 1910, S. 354).

c) Baryumsuperoxyd. Die Peroxyde der Erdalkalien geben mit Magnesium Blitzlichtpulver. Ein Gemisch von Magnesiumpulver mit Baryumsuperoxyd gibt ein Blitzlicht von geringerer Helligkeit und Verbrennungsdauer als das Permanganatgemisch (H. Keßler[1]).

Raucharmes Blitzlichtpulver stellt Charles Henry dadurch her, daß er das Verbrennungsprodukt des Magnesiums innig mit einem schweren Körper mischt, er benutzt deshalb als Sauerstoffträger Baryumsuperoxyd und schließt das Blitzlichtpulver in Kollodium ein (La Photographie 1901, Nr. 8; Phot. Rundschau 1901, S. 251; Eders Jahrb. f. Phot. 1902, S. 451).

d) Zusatz von rotem Phosphor zu Magnesiumnitratgemischen scheint zuerst John Barlett (1887) verwendet zu haben, um die Aktinität des Blitzlichtpulvers zu erhöhen. Gemische von Baryumnitrat, Strontiumnitrat, Magnesium und rotem Phosphor kamen 1900 unter dem Namen „Luxo“ in den Handel. Später erhielt Alex. Hemsley ein Patent auf Blitzlichtpulver mit rotem Phosphor, was Barlett zu einer Reklamation veranlaßte (Brit. Journ. Phot. Almanac 1909, S. 557). — Vgl. S. 554.

e) A. Lesmüller erhielt ein Franz. Patent Nr. 403722 vom 5. Juni 1909 auf die Herstellung eines Blitzlichtpulvers. Man stellt gute Pulver durch Zugabe von Oxydationsmitteln zu Mischungen von seltenen Erdmetallen mit Bor, Silizium, Uran oder Titan her. Die

1) Phot. Korresp. 1898, S. 484.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Oxydationsmittel sollen bei der Verbrennung des Pulvers keinen festen Rückstand hinterlassen. Man kann die Färbung des Blitzlichtes durch wechselnden Mengenzusatz der Einzelbestandteile, auch durch Zusatz von Schwermetallsulfiden, wie Eisen, Mangan- und Kupfersulfid, ändern (Phot. Ind. 1910, S. 197; Eders Jahrb. f. Phot. 1910, S. 355).

f) Die Gebrüder Lumière fanden, daß die Darstellung des Oxydationsmittels, welches dazu dient, die Verbrennung des Magnesiums zu begünstigen, von großem Einfluß auf die Beschaffenheit des Blitzlichtpulvers ist, und daß das Kalzinieren der Nitrate das beste Verfahren für diesen Zweck bildet. Sie nahmen daher ein Patent auf die Anwendung der Chromate des Eisens, Mangans, Chroms, Nickels, Kobalts, Aluminiums, Cers, Bleies, Kupfers und Antimons, welche, nach diesem Verfahren dargestellt und mit Magnesiumpulver vermischt, ein sehr aktinisches Licht geben, bei nur geringer Rauchbildung. Auch die aus der Kalzination der Nitrate hervorgehenden Oxyde der angeführten Metalle wurden ihnen patentiert (Phot. Chronik 1905, S. 652; Eders Jahrb. f. Phot. 1906, S. 354).

g) Lüttke & Arndt (jetzt Arndt & Löwengard) ließen Gemische von Magnesium, Aluminium, Eisenoxyd, Kupferkarbonat und Magnesiumsulfat als Blitzlicht patentieren, ebenso Verpackungen aus Aluminiumfolien oder verkupfertem Aluminium in Dicken von 0,1 bis 0,3 mm; sie verbrennen (wenn sie Magnesiumblitzlicht oder -zeitlicht enthalten) als Patronenhülle mit hellem Glanz (Engl. Patent Nr. 27466, 1904; Eders Jahrb. f. Phot. 1906, S. 353).

h) York Schwartz und Wilhelm Knauer stellten, um die Rauchentwicklung zu vermindern, explosionssichere Gemische von Magnesiumpulver und an der Verbrennung nicht beteiligten indifferenten Substanzen her (D. R.-P. Nr. 101528 von 1899).

Fein gepulvertes, metallisches Magnesium, in Haufenform aufgeschüttet und entzündet, verbrennt langsam ohne wesentliche Flammenentfaltung. Die Verbrennungserscheinung wird eine ganz andere, wenn man Magnesium, welches sich in sehr fein zerteiltem Zustand befinden muß, mit ebenfalls fein gepulverten, an der Verbrennung selbst nicht beteiligten Substanzen innig mischt. Die Verbrennung des Magnesiums bei der Entzündung des Gemisches erfolgt rasch, bei gewissen Mischungen blitzartig. Wählt man die bei der Verbrennung des Magnesiums nicht beteiligten Substanzen derart, daß sie mit der aus der Verbrennung des Magnesiums hervorgehenden Magnesia zusammenschmelzen oder zusammensintern können — z. B. Borsäure oder Kieselsäure —, so wird bei der Verbrennung des Gemisches nur sehr wenig dünner Rauch erzeugt, da die Hauptmenge

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

der Magnesia im Verein mit dem zweiten Bestandteile der Mischung auf der Verbrennungsunterlage liegen bleibt. Versucht wurden kohlensaurer Kalk, kohlensaure Magnesia, gebrannte Magnesia, Borax, Kalialaun, schwefelsaurer Baryt, Borsäure und Kieselsäure; zweifellos aber werden sich noch viel andere Körper für den erwähnten Zweck eignen. Als günstiges Mischungsverhältnis erwies sich durchweg 1 Gewichtsteil Magnesium auf 1 Gewichtsteil der an der Verbrennung unbeteiligten Substanz. Vorzüglich bewähren sich Mischungen aus: 1. 1 Teil Magnesium, 1 Teil Borsäure; 2. 1 Teil Magnesium, 1 Teil Kieselsäure; 3. 1 Teil Magnesium, $^1/_2$ Teil Borsäure, $^1/_2$ Teil Kieselsäure. Der wesentliche Vorzug der beschriebenen Mischungen — vor allen bisher bekannten ähnlichen — besteht darin, daß sie keinen direkt sauerstoffabgebenden oder explosiven Körper enthalten, daß also bei ihrer Handhabung jede Gefahr der Explosion oder Selbstentzündung vollkommen ausgeschlossen ist, daß sie ferner bei richtiger Wahl der zweiten Substanz unbegrenzt haltbar sind und bei der Verbrennung nur sehr wenig Rauch entwickeln (Eders Jahrb. f. Phot. 1903, S. 398).

Fr. Novak fand[1]), daß bei Gemengen von Magnesium mit einigen der früher genannten indifferenten Substanzen, im Verhältnis 1:1, die für die Gewichtseinheit Magnesium entwickelte Lichtmenge praktisch annähernd dieselbe ist, wie bei dem Permanganat-Magnesiumgemisch und andern Sauerstoff abgebende Körper enthaltenden Blitzlichtgemischen. Die Gemenge sind absolut explosionssicher und zeigen eine geringere Rauchentwicklung als das Permanganat-Magnesiumgemisch. Dieselben verbrennen langsamer als die mit Oxydationsmitteln hergestellten Blitzpulver, namentlich verringert die Zufügung von Kalziumkarbonat und Magnesiumkarbonat die Verbrennungsgeschwindigkeit.

i) Ein anderes Patent nahm York Schwartz in Hannover (D. R-P. Nr. 111155, ausgegeben am 20. April 1900) zur Herstellung von rauchschwachen Blitzlichtgemengen. Demzufolge mischt man 4 Teile Magnesiumpulver mit 5 Teilen feinverteiltem, wasserfreiem Kalziumsulfat. An Stelle des Kalziumsulfats kann man auch die gleiche Menge wasserfreies Baryumsulfat, Strontiumsulfat und Magnesiumsulfat verwenden. Derartige Gemenge sind nach den von Fr. Novak vorgenommenen Versuchen[2]) nicht explosiv und zeigen weniger Rauchentwicklung als die gewöhnlichen Blitzlichtgemische. Die Verbrennungsdauer beträgt bei einem Gemenge von 5 Teilen Gips und 4 Teilen Magnesium pro 2 g Magnesium nahezu $^1/_4$ Sekunde. Das Kalziumsulfat wird bei der

1) Eders Jahrb. f. Phot. 1903, S. 219.
2) Eders Jahrb. f. Phot. 1903, S. 220.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Verbrennung zu Schwefelkalzium reduziert, bleibt also nicht indifferent, sondern wirkt hier wenigstens partiell als Sauerstoffträger. Die entwickelte Lichtmenge ist praktisch annähernd gleich der von einem Magnesium-Permanganatgemisch gelieferten.

Vor den durch das Schwartzsche Patent Nr. 101528 geschützten Leuchtsätzen haben sie den Vorzug schnelleren Abbrennens und größerer optischer und aktinischer Intensität des beim Abbrennen erzeugten Lichtes (Eders Jahrb. f. Phot. 1903, S. 399).

k) Mit Knochenasche. Ein Gemenge von Knochenasche (dreibasisch phosphorsaurer Kalk) mit Magnesium brennt beim Erhitzen sowohl in einer Atmosphäre von Luft als Wasserstoff (Duboin, Eders Jahrb. f. Phot. 1902, S. 451).

l) Ungefährliches Blitzlichtpulver kann man nach Krebs erhalten, indem man statt der Nitrate, Chlorate oder Superoxyde der älteren explosiven Pulver Alaune anwendet. Z. B. lautet die Vorschrift eines solchen Blitzlichtpulvers für rasche Verbrennung:

Magnesium	10 g
Chromalaun (wasserfrei) . . .	10 g

Man kann auch 2 g des Magnesiums durch ebensoviel Aluminium ersetzen. Wünscht man stille, aber langsame Verbrennung, so setzt man noch 2 g eines an der Reaktion nicht teilnehmenden Pulvers zu, z. B. eine der alkalischen Erden, Kieselsäure oder gestoßenes Glas. Solche Gemische sind durch Reibung oder Schlag völlig unentzündbar (Phot. Rundschau 1906, S. 219; Eders Jahrb. f. Phot. 1907, S. 330).

III. Magnesium-Zeitlicht.

Unter „Zeitlicht“ versteht man Leuchtgemische, welche im Gegensatz zu dem Blitzlicht absichtlich für langsames Abbrennen eingerichtet sind und zirka eine oder mehrere Sekunden lang brennen, in welcher Zeit sie genügend Licht zu einer photographischen Aufnahme entwickeln müssen. Allzulange Brenndauer ist für diese Zwecke schädlich, weil der entwickelte Rauch bei Interieuraufnahmen die Luft trübe macht. Die älteren bengalischen Feuerwerkssätze (s. S. 506) entsprechen diesen Anforderungen nicht vollkommen. Erst durch Einführung des Magnesiums in den Leuchtsatz gelang es, sehr helle Zeitlichtgemische herzustellen, welche zumeist in Kerzen- oder längliche Patronenform (mit leichtverbrennlichen Hülsen) gebracht wurden. Dieses mäßig schnell brennende „Zeitlicht“ liefert in der Regel zungenartig oder spießförmig emporschießende Flammen, welche schmäler als explosives Blitzlicht sind, aber im Bereiche der Stichflamme ebenso hohe Temperaturen liefern.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Der erste, welcher mit Zeitlichtpatronen hervortrat, war G. Krebs in Offenbach a. M., welcher im Jahre 1900 raucharmes, ungefährliches, dabei sehr aktinisches Zeitlicht in Form von länglichen Patronen herstellte (D. R.-P. Nr. 133690). Die Brenndauer war von 2 bis 60 Sekunden abgestimmt[1]).

Die rauchfreien Zeitlichtpatronen der photochemischen Fabrik „Helios" Dr. G. Krebs in Offenbach a. M. haben einen Durchmesser von 15 mm, eine Höhe von 4 cm und tragen oben einen kleinen Zünder. Die Anwendung ist einfach: die Patronen werden mit etwas Wachs oder Siegellack auf einem Brette befestigt und dann bei dem Zünder angezündet. Die Verbrennung ist eine außerordentlich ergiebige, sie dauert ungefähr 15 Sekunden und ermöglicht mit einer einzigen Patrone hinter dem Apparate die Beleuchtung so zu variieren, daß auch eine Aufhellung der Schatten dabei erfolgt. Als Reflektor kann ein Stück weißer Karton dienen.

Eine im Jahre 1903 von Fr. Novak durchgeführte chemische Analyse[2]) einer solchen Krebsschen Zeitlichtpatrone ergab:

Aluminium	20,7 Prozent
Magnesium	2,1 „
Strontiumnitrat	50,0 „
Strontiumkarbonat	27,0 „
Amorpher Phosphor	0,5 „

Das Strontiumkarbonat dient im Sinne der früheren Ausführungen zur Verminderung der Rauchbildung, sowie gleichzeitig zu der bei der Zeitlichtpatrone erwünschten Verlangsamung der Verbrennungsdauer.

G. Krebs mischte zur Herstellung eines Blitzlichtpulvers 100 Teile Magnesium oder Aluminium oder auch beide Metalle zusammen, von jedem die Hälfte, und gab hierzu 200 Teile Nitrate, 10 Teile Oxyde der alkalischen Erden und 5 Teile amorphen Phosphor. Diese Mischung gibt ein Blitzlichtpulver, welches fast rauchlos verbrennt, im höchsten Grade aktinisch ist und dessen Verbrennungsprodukte absolut giftfrei sind. — Zur Herstellung von Zeitlichtpulver nimmt man 100 Teile Mg oder Al oder auch von beiden Metallen 100 Teile zusammen und vermischt dieselben mit 250 Teilen Nitraten, 150 Teilen Karbonaten der alkalischen Erden und 2,5 Teilen amorphem Phosphor[3]). Diese Mischung gibt ein Zeitlichtpulver, welches zur Herstellung von Zeitlichtpatronen von 2 bis 60 Sekunden Brenndauer benutzt wird. Patentanspruch: Verfahren zur Herstellung von rauchfreien, nicht explosiven Leuchtsätzen, insbesondere für photographische Zwecke, dadurch gekennzeichnet, daß einem aus metallischem Aluminium, Mg, Bor, Silizium, Nitraten der Alkalien oder alkalischen Erden und

1) Vgl. Kieser, Das Zeitlicht (Phot. Korresp. 1906, S. 57); ferner Eders Jahrb. f. Phot. 1903, S. 399.

2) Eders Jahrb. f. Phot. 1903, S. 221.

3) Roter Phosphor dient weniger zur Verminderung des Rauches, als dazu, ein gleichmäßiges Abbrennen der Zeitlichtpatrone zu bewerkstelligen.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

amorphem Phosphor bestehenden Gemisch Oxyde (für Blitzlicht) oder Karbonate der alkalischen Erden (für Zeitlicht) zugesetzt werden (Eders Jahrb. f. Phot. 1903, S. 399).

L. Löwengard füllt das Blitzlichtpulver in dünne Aluminiumhülsen statt in Papierpatronen (Engl. Patent Nr. 27 466 vom 16. Dezember 1904). (Eders Jahrb. f. Phot. 1905, S. 310.) Er benutzte Magnesium- und Aluminiumpulver mit den Nitraten der alkalischen Erden (z. B. Strontiumnitrat), wobei er zur Verlängerung der Verbrennungsdauer Oxyde oder Karbonate der alkalischen Erden und des Magnesiums zusetzte. Auch er machte Zusätze von amorphem Phosphor.

Auch Kieselsäure, Glaspulverzusatz usw. verlangsamen die Verbrennung (Krebs, D. R.-P. Nr. 14385 IV/78). Zusätze von flammenfärbenden Substanzen nutzte Krebs zur Herstellung „panchromatischer" Zeitlichtpatronen aus (Engl. Patent Nr. 27267 vom 14. Dezember 1904).

Baryumnitrat mit Magnesium in Zinkhülsen hatte schon Phipson zu Kopierzwecken verwendet (Eders Jahrb. f. Phot. 1890, S. 302), aber barythaltige Leuchtsätze entwickeln giftige Dämpfe (nicht aber strontiumhaltige).

Krebs ließ später Blitzlichtpulver, bestehend aus 10 Teilen Magnesium und 10 Teilen Chromalaun, ferner für Zeitlichtpatronen 100 Teile Magnesium, 10 Teile Chromalaun und Kupfersulfat und 20 Teile Kalk oder kohlensaures Kali patentieren (Engl. Patent Nr. 27267, 1904). (Eders Jahrb. f. Phot. 1906, S. 353.)

Die Farbenfabriken Fr. Bayer & Co. ließen Wolframsäure und ihre Salze zur Herstellung raucharmen Zeitlichts patentieren (D. R.-P. Nr. 165259 vom Juni 1904) und setzen flammenfärbende Salze oder Oxyde bei, um sog. „panchromatisches Zeitlicht" zu erhalten. Sie bringen jedoch Zeitlicht ohne Wolframpräparate in den Handel.

Karl Kieser erhielt ein Zeitlicht aus 1 Teil Magnesium, 2,5 Teilen Strontiumnitrat, 1 Teil Magnesiumkarbonat und 0,05 Teilen rotem Phosphor mit einer Verbrennungsdauer von etwa einer Sekunde für das Gramm Gemisch (Phot. Korresp. 1906, S. 123).

Es kommt auch panchromatisches Zeitlichtpulver in den Handel, das aus Strontiumkarbonat, Natriumnitrat, Sand und Magnesiumpulver gemischt ist.

Andere Zeitlichtpräparate des Handels enthalten nur Strontiumkarbonat und Magnesiumpulver.

Die Form, in welcher man die flammenfärbenden Verbindungen anwendet, kann nach Kieser[1]) eine verschiedene sein. Entweder läßt man sie einen Teil der sauerstoffliefernden Substanz sein, indem man sie in der Form der Nitrate, Wolframate oder Chlorate anwendet, oder

1) Eders Jahrb. f. Phot. 1909, S. 92.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

aber sie stellen gleichzeitig einen Teil der indifferenten, die Verbrennung verzögernden Substanz dar, wobei sie als Karbonate, Sulfate oder, wie schon erwähnt, vorteilhaft auch als Fluoride genommen werden können. Oft genügen schon sehr geringe Mengen der Zusätze zur Erzielung guter Wirkung. Verwendet man z. B. in einem magnesiumhaltigen Zeitlichtpulver als flammenfärbende Mittel Strontium-, Natrium- und Kalziumverbindungen gleichzeitig, so kann man tatsächlich erzielen, daß das Spektrogramm auf einer guten panchromatischen Platte sich völlig schließt, wobei das Maximum der Wirkung im Orange bezw. Gelb, entsprechend dem Maximum der Helligkeit des Tageslichtspektrums für ein normales menschliches Auge, gelegen ist, wogegen das Eigenmaximum des Bromsilbers im Blau selbst sehr stark zurücktritt. Eine solche Flamme erscheint dem Auge keineswegs weiß, sondern intensiv gelbrot.

Fr. Novak stellte an der k. k. Graphischen Lehr- und Versuchsanstalt in Wien Magnesium-Zeitlichtpulver oder -patronen, welche langsam (z. B. bis zu einer halben Minute) brennen und ganz explosionssicher und ziemlich rauchschwach sind, durch Mischen von gleichen Teilen Magnesiumpulver und feinst pulverisiertem Kalziumkarbonat (oder Magnesiumkarbonat) und Cerinitrat her.

Eine gute Zeitlichtpatrone gibt folgendes Rezept (Novak):

Magnesiumpulver[1]	5 g
Wasserfreies Cerinitrat[2]	3 g
Strontiumkarbonat	2 g

Dieses Gemenge, welches ca. 5 Sekunden Brenndauer besitzt, wird in Hülsen aus Pergaminpapier gefüllt und mit oben eingesteckten Papierlunten entzündet.

Eine andere Zeitlichtpatrone erhält man durch Mischen von 5 g Magnesiumpulver, 3 g Strontiumkarbonat, 2 g Strontiumnitrat (Novak).

Über den Effekt der Zeitlichtgemische gab Fr. Novak folgende Tabelle auf Grund seiner Versuche (Eders Jahrb. f. Phot. 1908, S. 145).

Für die Bestimmung der Verbrennungsgeschwindigkeit wurden je 5 g des Zeitlichtgemenges verwendet. Dieselben wurden in Hülsen aus Pergaminpapier gefüllt, die einen Durchmesser von 1 cm besaßen, unten mit einem Korkstöpsel verschlossen und oben mit einer Salpeterlunte versehen waren. Die Dauer der Verbrennung wurde mit einem Chronographen ermittelt.

Die erhaltenen Versuchsresultate sind in der nachstehenden Tabelle zusammengestellt.

---

1) Man kann statt des reinen Magnesiumpulvers auch ein Gemisch von 4 g Magnesiumpulver und 1 g Aluminiumpulver anwenden, wodurch die Rauchentwicklung verringert und die Brenndauer noch etwas verlängert wird.

2) Cerinitrat zur Herstellung von Blitzlichtgemischen ist der Aktiengesellschaft für Anilinfabrikation in Berlin patentiert.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Zeitlichtgemische nach Novak	Relative chemische Leuchtkraft in bezug auf Bromsilbergelatine in Kerzen-Meter-Sekunden (K.M.S.) von Gemengen mit 1 g Magnesium	Verbrennungsgeschwindigkeit in Sekunden von 5 g Zeitlichtgemisch
1 g Magnesium, 0,7 g Cerinitrat, 0,3 g Strontiumkarbonat	160 000	5,5
1 g Magnesium, 0,6 g Cerinitrat, 0,4 g Strontiumkarbonat	140 000	4,5
1 g Magnesium, 0,5 g Cerinitrat, 0,5 g Strontiumkarbonat	125 500	4,8
1 g Magnesium, 0,6 g Strontiumnitrat, 0,4 g Strontiumkarbonat	140 000	1,3
1 g Magnesium, 0,4 g Strontiumnitrat, 0,6 g Strontiumkarbonat	130 000	4,3
1 g Magnesium, 1 g Magnesiumkarbonat	86 500	11,2
1 g Magnesium, 1 g Kalziumkarbonat	67 500	25

Die Gemenge mit Magnesiumkarbonat und Kalziumkarbonat geben viel weniger Licht. Beim Gemenge mit Kalziumkarbonat wäre zu erwähnen, daß es unregelmäßig abbrennt und daher für die Praxis nicht zu empfehlen ist.

Unter den untersuchten Gemischen zeigten die Gemenge mit Cerinitrat und Strontiumkarbonat die geringste Rauchentwicklung beim Abbrennen, während dieselbe bei der Mischung mit Strontiumnitrat und Karbonat größer war. Ersetzt man einen Teil des Magnesiums durch Aluminiumpulver, so konnte im allgemeinen eine Verringerung des entwickelten Rauches beobachtet werden.

Ein D. R.-P. Nr. 190422 vom 23. November 1906 erhielt Julius Benk auf Präparate für photographische Beleuchtung; Zusatz zum Patent Nr. 184802 vom 4. Oktober 1905. Das in der Patentschrift Nr. 184802 geschützte Heizmittel aus Metall, Sauerstoff oder Schwefelträger mit regelbarer Brenndauer kann auch zur Verbesserung der Leuchtsätze für photographische Belichtungen benutzt werden. Die vorliegende Erfindung bezweckt, die jetzt gebräuchlichen Pulvergemische aus Metallen und Sauerstoffträgern, welche eine für viele Zwecke zu kurze Brenndauer besitzen oder zu lichtschwach sind, auch oft den Personen auf dem Bilde ein starres Aussehen verleihen, zu verbessern, so daß diese Pulver ohne Ballastzuführung nicht nur eine verlängerte und regelbare Brenndauer zeigen, sondern auch ihre Lichtwirkung so beeinflußt wird, daß durch ein schwach aktinisches mildes Rotlicht ein allmählicher Übergang vom Dunkeln zur stärksten Helligkeit des Weißlichtes erzielt wird. Man stellt sich zunächst drei Mischungen her, und zwar aus: 1. 30 Prozent Kaliumpermanganat, 10 Prozent Zink, 10 Prozent Magnesium und 50 Prozent Eisen; 2. 30 Prozent Salpeter, 30 Prozent Eisen, 20 Prozent Magnesium und 20 Prozent Aluminium; 3. $33^1/_3$ Prozent Baryumsuperoxyd, $33^1/_3$ Prozent Magnesium und $33^1/_3$ Prozent Aluminium. Diese Gemische werden auf einem Blech in langgestreckter Form abgegrenzt gelagert, so daß sie sich in einem Punkt berühren. Wird nun die Mischung 1 entzündet, so pflanzt sich die Verbrennung, immer schneller werdend, fort und verbreitet zuerst ein mildes, schließlich

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

ein grell weißes Licht. Die Pulvergemische können aber auch in Brikettform gepreßt und diese in Reihe aneinander auf einem Blech angeordnet werden; das erste Brikett lagert auf einem leicht entzündlichen Reaktionspulvergemisch, wodurch die Entzündung auf die anderen Briketts fortgepflanzt wird („Phot. Industrie“ 1907, Nr. 48, S. 1389; Eders Jahrb. f. Phot. 1908, S. 368).

Ein zusammengeschmolzenes Gemisch von 1 Teil Schellack und 9 Teilen Strontiumnitrat, welches nach dem Erkalten gepulvert wird, gibt eine vorzügliche Basis zur Herstellung von Zeitlichtmischungen, so daß man durch Zusatz von Magnesium oder Magnesium-Aluminium eine sehr ruhig brennende Zeitlichtpatrone erzeugen kann.

A. J. Jarman stellt Zeitlichtpatronen durch Mischen von 2 Teilen gepulvertem Schellack, $^1/_2$ Teil Baryumnitrat, 1 Teil Kaliumchlorat und 2 Teilen Magnesium her; Schellack bewirkt langsames Brennen (wird in Kartonhülsen von ca. 3 cm Durchmesser gefüllt); auch Zink und Aluminiumstaub kann zugesetzt werden. Auch Mischungen, die Schwefel (statt Schellack), sowie Talg enthalten, sind verwendbar (The Camera 1908, S. 211).

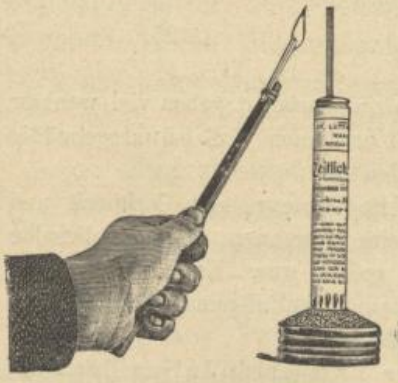


Fig. 332. Zeitlichtkerze der Leonarwerke.

Fig. 333. Packung von Zeitlichtpatronen.

Das „Zeitlicht“ wird in der Regel in zylindrischen Hülsen mit verschiedenem Durchmesser, z. B. 1 cm, in den Handel gebracht. Sie sind aus dünnem Pergaminpapier (etwa von der Art der dünnen transparenten Kuverts für Zelloidinbilder usw.) oder rascher abbrennendem nitrierten Papier gefertigt, unten verschlossen und oben gewöhnlich mit einem Zünder (Lunte) versehen; eventuell werden sie geöffnet und eine Lunte unmittelbar vor dem Gebrauch eingesteckt.

Die Photochemischen Werke „Tip-Top“ in Wien (C. Seib) bringen ihre Zeitlichtkerzen in prismatischer Form, sie tragen am Kopfende einen Zünder und lassen mit den dazu bestimmten Haltern überall dort, wo eine länger andauernde Belichtung vorgenommen werden soll, ein bequemes Arbeiten zu. In Brenndauern von 2 bis 120 Sekunden und drei verschiedenen Stärken hat man hier ein Kunstlicht, welches

besonders für mikrophotographische und kinematographische, ebenso auch für Aufnahmen unbelebter Interieurs sehr wertvoll ist.

Der Querschnitt dieser Lichtquelle ist um ein Vielfaches länger als dessen Breite, so daß, entgegen den sonst angewandten runden Hülsen, eine bedeutend breitere Flamme mit ausgedehnterer Lichtwirkung entstehen kann.

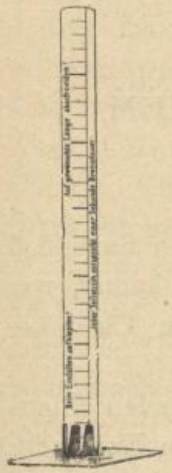


Fig. 334. Bayers Hülse und Halter für Zeitlichtkerzen.

Die daran angebrachten Zünder sind von allen bisher gebräuchlichen gänzlich verschieden. Der magnesiumhaltige Zündsatz ist in Zelluloid eingebettet, wonach durch Pressen der homogenen Masse der Zündstift hergestellt wird. Ein Versagen der Zündung ist gänzlich ausgeschlossen.

Fig. 332 zeigt eine andere Zeitlichtpatrone der Leonarwerke von Arndt & Löwengard in Wandsbek; Fig. 333 zeigt die Packung der Geka-Zeitlichtpatronen.

Fig. 335. Seibs Zeitlichtkerze mit Halter.

Die Farbenfabriken vorm. Bayer & Co. in Elberfeld bringen nitrierte Hülsen in den Handel, welche zwei aufgedruckte Skalenteilungen zeigen; die eine Skala gibt die Gramme des einzufüllenden Bayerschen Zeitlichtpulvers an, das lose eingefüllt wird; die andere Skala gibt die dazugehörige Brenndauer in Sekunden an (Fig. 334).

Die Kerzenhalter können aus Brettchen mit Nägeln und aufgebogenem Bleche improvisiert werden. Spezielle Zeitlichtkerzenhalter bringen verschiedene Firmen in den Handel. Fig. 335 zeigt den Zeitlichtkerzenhalter von C. Seib in Wien.

SECHSUNDZWANZIGSTES KAPITEL.

ALUMINIUMLICHT. — ZINK. — KALZIUM.

Die Tatsache, daß Aluminiummetall beim Erhitzen in Sauerstoff „mit einem Glanze verbrennt, den das Auge kaum ertragen kann", war schon dem Entdecker des metallischen Aluminiums, dem Chemiker Wöhler, bekannt[1]).

Die erste Anwendung des in Sauerstoff verbrennenden Blattaluminiums zu photographischen Aufnahmen geschah durch den Engländer W. E. Debenham in einer Vorlesung am „City and Guilds Institute for the Advancement of Technical Education at South Kensington" im Jahre 1889; er beobachtete den großen Aktinismus des Aluminiumlichtes und stellte Porträtaufnahmen damit her[2]).

An der Luft brennt Aluminium in Blattform schwer; Aluminiumband ist kaum zu entzünden. Überhaupt entzündet sich Aluminium in jedweder Form schwieriger als Magnesiumpulver.

Aluminium, welches zu Blitzlicht verwendet wird, soll feinstens gepulvert und fettfrei sein. Nicht alle Aluminiumpulversorten des Handels sind deshalb gleich gut für diesen Zweck verwendbar[3]).

Der erste, welcher Aluminiumpulver als Lichtquelle mit Erfolg zu photographischen Aufnahmen anwendete, war M. Putz in Wien[4]); er mischte es mit Kaliumchlorat und bettete es zwischen zwei Schichten Kollodiumwolle ein; das Licht war sehr aktinisch, raucharm und er-

1) Gmelin, Handbuch d. anorgan. Chemie, 5. Aufl., 1853, Bd. 2, S. 275.

2) Phot. News 1889, S. 344.

3) Eine gute fettfreie Sorte von Aluminiumpulver liefert z. B. C. Falk & Comp., Blattgold-, Aluminium- und Bronze-Farbenfabrik in Wien IV, Margaretenstraße 22. — Käufliches Aluminiumpulver muß von anhaftendem Fett durch Glühen in einem halb zugedeckten hessischen Tiegel befreit werden.

4) Phot. Korresp. 1891, S. 290.

SLUB Wir führen Wissen.
gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

möglichte die Aufnahme von Gruppen. — Staudenheim[1]) versuchte Aluminiumstaub (Aluminiumbronze) als Pustlicht in einer Schirmschen Lampe[1]), wobei aber das Aluminium viel schwerer sich entzündet als das Magnesiumpulver.

Genaue Untersuchungen über Aluminiumblitzlichtgemische mit sog. „Aluminiumbronze", gemischt mit Kaliumchlorat, stellte M. Glasenapp 1892 an[2]), erzielte jedoch keine genügend schnellen Verbrennungen und fügte deshalb Schwefelantimon zu, wodurch aber das Blitzlichtpulver gefährlich explosiv und stark rauchend wird. Auch ein Gemisch von 1 Teil Aluminiumpulver mit 3 Teilen Kaliumpermanganat versuchte Glasenapp mit Erfolg; später benutzte er ein Gemisch von Aluminium, Kaliumchlorat und rotem Phosphor, welches aber sehr explosiv ist[3]). Auch Villon hatte 1892 ähnliche explosive Gemische mit Aluminium, Chlorat, Zucker, Schwefelantimon, Ferrocyankalium usw. versucht; er fügte Strontium bei, um die Flamme zu färben[4]).

Da die Gemische von Aluminium und Permanganat langsamer verbrennen und schwerer zu entzünden sind als die analogen Magnesiumgemische (Eder und Valenta[5]), so fand es keinen Eingang in die photographische Praxis, obschon ein Gemisch von 1 Teil Aluminiumpulver mit 2 Teilen Kaliumpermanganat von E. Demole neuerdings empfohlen worden war[6]).

Günstiger wirkt ein Gemisch von Aluminiumpulver (Aluminiumbronze) mit Kaliumperchlorat, welches von A. Weiß unter dem Namen „Argentorat" seit ungefähr 1898 in den Handel kam[7]).

Die Geka-Kugelblitz-Gemische (von G. Krebs in Offenbach a. M.), welche in Form von Päckchen mit einem Faden aufgehängt und gezündet werden (s. u.), bestehen aus Aluminiumstaub und Kaliumperchlorat.

Ein gutes raucharmes Aluminiumblitzlicht gibt ein Gemisch von gleichen Teilen Aluminiumbronze und feinst gepulvertem Kaliumperchlorat (Eder). Größere Mengen brennen jedoch mit ziemlich starkem Knall ab.

---

1) Eders Jahrb. f. Phot. 1892, S. 381. — S. auch Bolas, Eders Jahrb. f. Phot. 1894, S. 387.

2) Eders Jahrb. f. Phot. 1893, S. 6; Phot. Mitteil. 1892.

3) Eders Jahrb. f. Phot. 1893, S. 398.

4) Eders Jahrb. f. Phot. 1893, S. 398, Bull. Assoc. Belge Phot. 1892, S. 387.

5) Eders Jahrb. f. Phot. 1894, S. 386. — Glasenapp, Eders Jahrb. f. Phot. 1895, S. 11.

6) Bull. Soc. franç. 1898, S. 45; Eders Jahrb. f. Phot. 1899, S. 450.

7) Eders Jahrb. f. Phot. 1899, S. 451. — A. Weiß' Patent Nr. 101735 auf sein Argentorat-Blitzpulver (Aluminium- und Kaliumperchlorat) wurde später vom deutschen Patentamt 1901 für nichtig erklärt, Eders Jahrb. f. Phot. 1902, S. 456.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

H. Keßler stellte an der k. k. Graphischen Lehr- und Versuchsanstalt in Wien vergleichende Versuche mit Aluminium- und Magnesiumblitzlicht an (Phot. Korresp. 1898, S. 483). Ein Gemisch von 1 Teil Aluminium mit 2 Teilen Kaliumpermanganat gab nur halb so viel Licht als 1 Teil Magnesium mit $^3/_4$ Teil Hypermanganat. Dagegen gab 1 Teil Aluminium mit $2^1/_2$ Teilen Kaliumchlorat und $^1/_4$ Teil Zucker dieselbe Helligkeit wie letzteres und brennt rasch ab (ist aber explosiv). Magnesium mit doppelten Mengen Kalium- oder Ammoniumpersulfat brennt rasch ab und gibt ebensoviel Licht wie Hypermanganat. — Das von anderer Seite empfohlene Gemisch von 1 Teil Magnesium mit 5 Teilen Baryumsuperoxyd ist wenig befriedigend (Eders Jahrb. f. Phot. 1899, S. 451).

Gemische von Aluminium und Magnesium im Blitzlichtpulver brennen rasch ab.

Eine Legierung von Aluminium und Magnesium gibt (in Pulverform verbrannt) ein sehr wirksames Blitzlicht (Deutsches Patent vom 18. November 1898, Nr. 100162).

Ein sehr schnell abbrennendes, dabei raucharmes Magnesium-Blitzlichtpulver, das ein sehr aktinisches Licht gibt, setzt man nach Romyn Hitchcock folgendermaßen zusammen:

Zuerst mischt man innigst:

Aluminiumpulver	2 Teile,
Magnesium	1 Teil.

Nun nimmt man:

Aluminium- und Magnesiumpulver-Mischung	10 Teile,
Chlorsaures Kali	5 Teile,
Übermangansaures Kali	1 Teil.

(Eders Jahrb. f. Phot. 1902, S. 452.)

Aluminium wurde auch für Zeitlicht versucht. Brit. Journ. empfiehlt folgende Mischung: 6 Teile Aluminiumbronze (feinst pulverisiertes Aluminium), 6 Teile Salpeter, 6 Teile Baryumnitrat, 2 Teile Dextrin, 1 Teil Schwefel (Eders Jahrb. f. Phot. 1903, S. 401).

Anknüpfend an die in letzter Zeit erfundenen Magnesium-Sauerstofflampen (siehe S. 539) beschreibt Martin Kiesling eine rauchfreie Aluminium-Sauerstofflampe. Blattaluminium wird mittels elektrischen Stromes in einer mit Sauerstoff gefüllten Flasche verbrannt (Phot. Mitt., Bd. 37, S. 102; Eders Jahrb. f. Phot. 1901, S. 573).

Ein sehr aktinisches Licht erhält man, wenn man Zink, Aluminium oder andere geeignete Metalle in einen starken elektrischen

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Strom einschaltet; die Metalle werden mit starker Lichtentwicklung geschmolzen und geben eine Art von blendend hellem Blitzlicht, jedoch ohne merklichen Rauch. Dies ist ein Ersatz für Magnesiumblitzlicht (Courtier, Photography 1900, S. 306; Franz. Patent vom 12. Mai 1899; Eders Jahrb. f. Phot. 1901, S. 572).

Zink.

Zink verbrennt in Sauerstoff mit bläulichem Lichte; es brennt aber schwer, raucht stark, das Licht ist nicht besonders hell[1]) und kann nicht mit Magnesiumlicht konkurrieren.

Besser eignen sich Legierungen von Zink mit Magnesium, welche hell brennen (Leroux[2]) und in den sechziger Jahren des vorigen Jahrhunderts in der Absicht versucht wurden, um das damals sehr kostspielige Magnesium durch eine billigere Legierung zu ersetzen.

Auch Grant fand, daß gewisse Magnesiumlegierungen ein fast ebenso glänzendes Licht geben wie das reine Metall, und zwar von einer Farbe, welche je nach dem anderen Bestandteil der Legierung sich verändert. (Die Legierung von 1 Teil Zink und 2 Teilen Magnesium brennt leicht und mit etwas bläulicher Flamme, 1 Teil Zink mit 3 Teilen Magnesium gibt ein grünes Licht.[3])

Zinkäthyl ist eine Flüssigkeit, welche sich von selbst an der Luft entzündet und dabei ein glänzendes Licht liefert. Taylor schlug vor, das Zinkäthyl in ein Rohr zu bringen, das an einem Ende einen Brenner hat, und mit dem andern mit einem Wasserstoffapparat in Verbindung steht. Läßt man den Gasstrom über die Flüssigkeit streichen, so nimmt dieser Zinkäthyl auf und verbrennt mit lebhafter Flamme[4]). Dieses Licht ist aber weniger wirksam als Magnesium[5]).

Alle diese Arten des Zinklichtes fanden keine praktische Verwendung.

Kalzium.

Nach dem deutschen Reichspatente der Geka-Werke Dr. G. Krebs (D. R.-P. Nr. 226598 vom 14. Mai 1905) wird zwecks Herstellung von orthochromatischen Zeitlichtpulvern das Magnesium und Aluminium durch metallisches Kalzium ersetzt (Eders Jahrb. f. Phot. 1911, S. 357).

1) Bull. Soc. franç. 1869, S. 306.
2) Fortschritte d. Physik 1865, S. 245.
3) Polytechn. Zentralbl. 1865, S. 482.
4) Phot. Archiv 1869, S. 120.
5) Brit. Journ. Phot. 1871, S. 532.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

SIEBENUNDZWANZIGSTES KAPITEL.

PACKUNG UND ZÜNDUNG VON BLITZLICHT-GEMISCHEN.

I. Loses Blitzlichtpulver, Blitzlichtpatronen und -folien.

Zur größeren Sicherheit beim Versenden und Erhöhung der Haltbarkeit der Blitzlichtpulver verpackt man für die Postversendung das Magnesium und den Sauerstoffträger separat und mischt beide erst vor dem Gebrauche. Man benutzt wohl hierzu Karton- oder Metallschachteln oder Büchsen, welche durch eine dünne Scheidewand in zwei Teile geteilt sind, wodurch die beiden Hauptbestandteile getrennt sind und nach Entfernung der Scheidewand die Mischung erfolgt (vgl. S. 541).

Fig 336.
Helios Kugelblitz.

Das Blitzlichtpulver wird als loses Pulver hergestellt, und entweder in diesem Zustande auf einer unverbrennlichen Unterlage in Form eines Häufchens oder besser eines Walles ausgebreitet und dann vorsichtig entzündet, wobei man darauf achtet, daß die emporschießende Flamme keinen Schaden anrichtet.

Fig. 337.
Arndt & Löwengards
Autoblitzpatrone.

Sehr häufig wird das Blitzlichtpulver in Packungen dünner Papiersäckchen (Fig. 336 Helios Kugelblitz von Krebs mit Aufhängefaden und Zünder) oder Beutel (Fig. 337 Autoblitzpatrone von Arndt & Löwengard) in den Handel gebracht, welche man mit einer Schnur frei aufhängt und anzündet. Man verwendet auch Patronen. Dieselben müssen leicht verbrennliche Umhüllungen haben, ferner soll man (um stärkeren Knall zu vermeiden) die Patronen wenigstens am oberen Rande öffnen, bevor man sie in Gebrauch nimmt.

SLUB
Wir führen Wissen.
gefördert von der
Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Zum Verpacken bedient man sich Seidenpapieres oder ganz dünner Pergaminpapiere oder nitrierten Papieres, welches den Vorteil des raschen und völligen Verbrennens mit sich bringt.

Die Entzündung dieser Patronen kann auf verschiedene Weise, wie weiter unten genauer beschrieben ist, geschehen.

Blitzlichtverpackung für Fächerblitz. Die Photochemischen Werke „Tip-Top" von C. Seib in Wien bringen das Blitzlichtpulver in langgestreckten Schälchen in kompendiöser Packung mit Seidenpapierverschluß (Fig. 338) in den Handel; der Zünder wird durch einen Schlitz eingeführt.

Fig. 338. „Tip-Top"-Blitzlichtpatrone.

Fig. 339. „Tip-Top-Sonnenblitz."

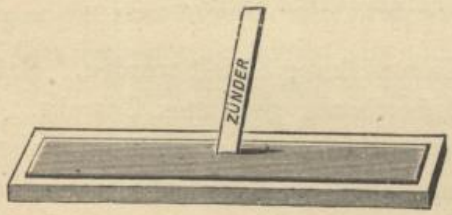


Fig. 340. Torpedoblitz der Geka-Werke.

Fig. 341. Momentkapsel der Geka-Werke.

Der Sonnenblitz der Tip-Top-Werke hat Patrone, Zünder und Reflektor in einem einheitlichen Ganzen vereinigt (Fig. 339). Diese Anordnung ist einfach und zweckentsprechend. Die auf der Rückseite angebrachte Schlinge ermöglicht seine Anbringung an jedem beliebigen Orte, ein Reißnagel genügt dazu. Die verschiedenen Größen für Entfernungen bis zu 20 m tragen allen vorkommenden Fällen Rechnung.

Beim Torpedoblitz der Geka-Werke von Krebs in Offenbach wird das Blitzlichtpulver in Kartonschalen mit aufgebogenem Rand gegeben und Seidenpapier darüber geklebt (Fig. 340). Die Zündung erfolgt durch ein eingestecktes Zelluloidstäbchen, welches vorsichtig angezündet wird. Ähnlich ist die Packung derselben Fabrik in „Momentkapseln". Das Seidenpapier soll vor dem Entzünden aufgerissen werden, um stärkeren Knall zu verhindern.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Fig. 342 zeigt die Form, welche Otto Spitzer (Berlin) den Blitzlichtpatronen gibt; sie enthalten 1 bis 20 g Blitzlichtpulver und werden mittels eines herunterhängenden Fadens oder durch Friktion (s. S. 582) entzündet; die Hülse besteht aus nitriertem Papier und besitzt einen Messingring, um die Patrone etwa 2 m hoch aufhängen zu können.

II. Blitzlichtfolien, Magnesiumleuchtgewebe.

Um dem Magnesiumlicht eine möglichst breite Ausdehnung, vereinigt mit schneller Brenndauer zu geben, kam York Schwartz auf den Gedanken[1]), das Magnesiumpulver über ein Gewebe zu verteilen, das sich rollen, falten und mit der Schere zerschneiden läßt. Gegen Reibungen und Schlag oder Stoß ist es unempfindlich. Man schneidet ein Stück ab und befestigt es mit einer Nadel oder dergl. in entsprechender Höhe an die Wand, oder auf ein durch Blech geschütztes Holz und zündet es direkt oder mit einer Salpeterpapierlunte an. Dadurch, daß man mehrere Gewebestücke nebeneinander befestigt und gleichzeitig

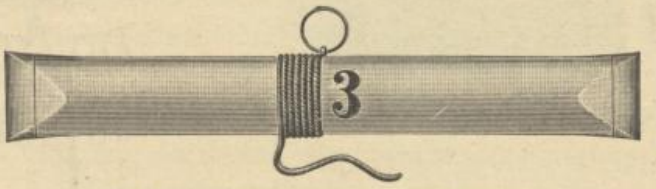


Fig. 342. Blitzlichtpatrone von Otto Spitzer.

anzündet, kann eine sehr breite Lichtwirkung erzielt werden. Besonders schnelle Verbrennung gibt ein fächerförmig gefaltetes Gewebe.

Die Blitzlichtfolien sind bequem in der Anwendung, haben aber den Nachteil, daß sie bedeutend langsamer als Blitzlichtpulver abbrennen, weshalb in der Praxis meistens letzteres vorgezogen wird. — Zur Herstellung solcher Blitzlichtpapiere empfiehlt „Monit. de la Phot." 1898 (auch „Brit. Journ. Phot." 1898, S. 406) Bestreuen von zwei Blatt wasserdichtem Papier, welche vorher mit Stärkekleister überzogen worden sind, mit Magnesiumpulver. Das eine Blatt wird dann auf das andere gelegt, so daß die Rückseiten nach außen kommen, und nun läßt man trocknen. Hierauf klebt man auf die Außenseiten zwei Blatt Kaliumchloratpapier und hüllt das Ganze in gewöhnliches Papier ein, um das Chlorat vor Einfluß von Feuchtigkeit zu schützen. Man erhält so einen dicken Karton, welcher für den Gebrauch in dünne Streifen geschnitten wird. Diese Steifen, an einem Ende angezündet, verbrennen vollständig, aber ziemlich langsam und erzeugen eine blendend weiße Flamme. (Vgl. auch S. 549.)

1) Eders Jahrb. f. Phot. 1897, S. 345; 1899, S. 450; 1902, S. 456.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

III. Zündung von Blitzlichtgemischen.

Die Zündung von Magnesiumblitzlichtgemischen kann durch Papierlunten, Zündschnüre, auf elektrischem Wege, pneumatisch, durch Perkussion usw. erfolgen.

Man beachte die Regel, daß Blitzlichtpulver mit hellerer Lichtentwicklung und geräuschloser abbrennen, wenn man sie in Form eines langgestreckten Walles ausbreitet; kompakte Haufen geben geringeren Lichteffekt, weil die äußere Rauchhülle die innen entwickelte Lichtmenge nicht gut durchläßt; überdies geben große, kompakte Haufen von Blitzlichtpulver eine höhere Flammengarbe und neigen — falls überhaupt Explosionsmöglichkeit vorhanden ist — leichter zu Detonationen.

Die Unterlage des abzubrennenden Blitzlichtpulvers muß feuerfest sein, z. B. Asbestkarton, Blech, Stein usw.

Die Heftigkeit der Explosion scheint in hohem Grade von der Art der Zündung abzuhängen. Kiesling hat experimentell nachgewiesen, daß ein Pulver von ganz gleicher Zusammensetzung bei elektrischer Zündung oder solcher mit Lunte harmlos verpufft, aber explosiv wie Dynamit wirkt, wenn es durch einen Schlagbolzen (Knallkapsel, Knallpapier) zur Entzündung gebracht wird. Es ist daher in der Regel vorzuziehen, das Blitzlichtpulver durch einen elektrisch zum Glühen gebrachten Draht, oder durch eine glimmende oder langsam brennende Substanz zu entzünden; sehr gut bewähren sich schmale, etwa 5 cm lange Streifen aus Zelluloid, die man sich leicht durch Zerschneiden eines alten Films beschaffen kann (Eders Jahrb. f. Phot. 1903, S. 403 und 1906, S. 354).

1. Lunten.

Die Verwendung von Salpeterlunten, welche durch Eintauchen von Fließpapier in konzentrierte Kalisalpeterlösung und Trocknen hergestellt wurden, führten Stolze und Meydenbauer (1887) ein[1]).

Man zieht zu diesem Zwecke Streifen von starkem Fließpapier durch eine warme Lösung von 1 Teil Kalisalpeter in 2 Teilen Wasser[2]) und hängt zum Trocknen auf. Ein etwa 10 mm breites Salpeterpapier wird dachförmig (/\) gebogen, in das auf einen Haufen geschüttete Blitzlichtpulver hineingeschoben und an einem Ende entzündet.

1) Phot. Wochenbl. 1887, S. 181.

2) A. Süß mischt der Salpeterlösung Kaliumchlorat bei, und zwar löst er 150 g Kalisalpeter, 15 g Kaliumchlorat in 1 Liter Wasser. Das Saugpapier wird durch 10 Minuten eingetaucht, getrocknet und in Streifen geschnitten. Ein Streifen Zündpapier von 10 cm Länge und $^1/_2$ bis 1 cm Breite soll 15 Minuten lang glimmen (Phot. Wochenbl. 1902, S. 142).

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Das Salpeterpapier glimmt langsam und zündet sicher. Zu Porträtaufnahmen ist diese Art der Entzündung weniger geeignet, weil vor der Entzündung der Hauptmasse sich kleine Lichtblitze momentan zeigen, welche die Person beunruhigen. In diesem Falle bindet man eine Rolle Salpeterpapier an einen langen Stock und berührt mit dem zum

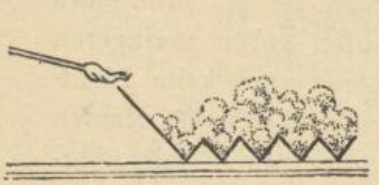


Fig. 343.

Fig. 344.

Entzündung von Blitzpulver mit einer Lunte.

Glimmen gebrachten Papier die Blitzlichtpulvermischung, die augenblicklich entzündet wird.

Man kann auch das Blitzlichtpulver auf einen etwa 1 cm breiten und 10 cm langen Streifen Salpeterpapier, welcher, wie Fig. 343 und Fig. 344 zeigen, geknickt oder gefaltet ist, legen und das Papier anzünden (Der Amateur 1904, S. 4).

Fig. 345. Zündung nach Otto Spitzer.

Sicherer ist es, die Lunte nicht von unten und von oben anzuzünden, sondern sie horizontal seitlich vorstehen zu lassen, damit sich das Explosivpulver nicht vorzeitig entzündet und den Operateur verletzen kann (Fig. 344). Selbstverständlich muß die Unterlage feuersicher sein.

Fig. 345 zeigt nach Otto Spitzer in Berlin eine einfache und praktische Anordnung. Ein schmaler Salpeterpapierstreifen wird unter die Feder geklemmt, so daß die Hälfte des Streifens auf der Pulverpfanne liegt und die andere Hälfte zum Anzünden herausragt, alsdann wird das explosive Blitzlichtpulver auf die Pfanne geschüttet und recht breit auseinander gestreut, die Hälfte des Salpeterpapierstreifens ist somit bedeckt und nachdem man mittels eines Streichholzes oder einer brennenden Zigarre das Salpeterpapier an dem hervorstehenden Ende angezündet hat, glimmt es langsam weiter, bis die Glut das Blitzlichtpulver erreicht und dieses zur Entzündung bringt. Je nach der gewählten Länge des Salpeterpapierstreifens kann man den Zeitpunkt der Entzündung des Blitzlichtpulvers beliebig regulieren. Der Amateur

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

hat genügend Zeit, sich nach dem Anzünden des Salpeterpapierstreifens auf seinen Platz in der aufzunehmenden Gruppe zu begeben, um eventuell mit photographiert zu werden.

An Stelle des Salpeterpapieres kann man auch gewöhnliches Zigarettenpapier, in Streifen geschnittenes Zelluloid, Zelluloidfilms[1]) benutzen. A. Londe[2]) wickelt das Blitzpulver lose in Schießpapier (papier bengale, d. i. Papier aus Schießbaumwolle, oder nitriertes Papier) ein, befestigt daran einen etwa 25 cm langen Schießbaumwollfaden, welche Länge genügt, damit man sich nach der Zündung noch rechtzeitig entfernen kann. Vollführt man die Zündung mit einer Lunte oder Flamme aus größerer Entfernung, so kann das Anzündeende des Schießbaumwollfadens auch kürzer sein. Für langsame Zündung wird am Anzündende des Schießbaumwollfadens ein Stück gewöhnlichen Baumwollfadens befestigt, dessen Länge durch Versuche bestimmt und welcher infolge des langsameren Abbrennens dem Operateur gestattet, sich auf die Aufnahmeseite zu begeben. Große Mengen Blitzlichtpulver entzündet Londe auf einem Bauschen von Schießbaumwolle, über welche das Pulver gestreut wird[3]).

Eine kleine Weingeistflamme benutzt Hennig (Frankfurt a. M.) zur Zündung bei seinem Blitzlichtapparat „Rhaco". Ein kleines mit Weingeist (oder Baumwolle mit Weingeist) beschicktes Schälchen befindet sich anfänglich außerhalb der Pfanne mit Blitzlichtpulver. Durch pneumatische Auslösung wird das Schälchen unter die Öffnung der Pfanne geschoben und entzündet das Pulver (Fig. 346 und 347). Vgl. auch bei „pneumatischer Zündung".

2. Elektrische Zündung.

Der elektrische Funken einer Reibungselektrisiermaschine oder eines Induktionsapparates zündet die gewöhnlichen Blitzlichtpulvergemische nicht. Dagegen können fast alle derartigen Blitzlichtpulver mittels eines durch den elektrischen Strom zum Glühen gebrachten Drahtes (Eisen-, Platin-, Nickelindrahtes oder dergl.) zur Verpuffung gebracht werden.

Diese Zündungsart ist der Pyrotechnik und elektrischen Glühzündung von Sprengstoffen nachgebildet, bei welchen die freien, nicht isolierten Enden von Kupferdrähten in dem sog. „elektrischen Zündsatz" durch feinen Platindraht verbunden sind; sobald der Platindraht durch

1) Vgl. Seite 567.
2) Eders Jahrb. f. Phot. 1893, S. 396.
3) S. auch Lainer, Phot. Korresp. 1899, S. 33.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Schließen eines Stromkreises zum Glühen gebracht wird, entzündet sich der Zündsatz.

Elektrisch zu zündende Magnesiumblitzlichtpatronen hatte bereits 1893 Hackh aus Stuttgart an der k. k. Graphischen Lehr- und Ver-

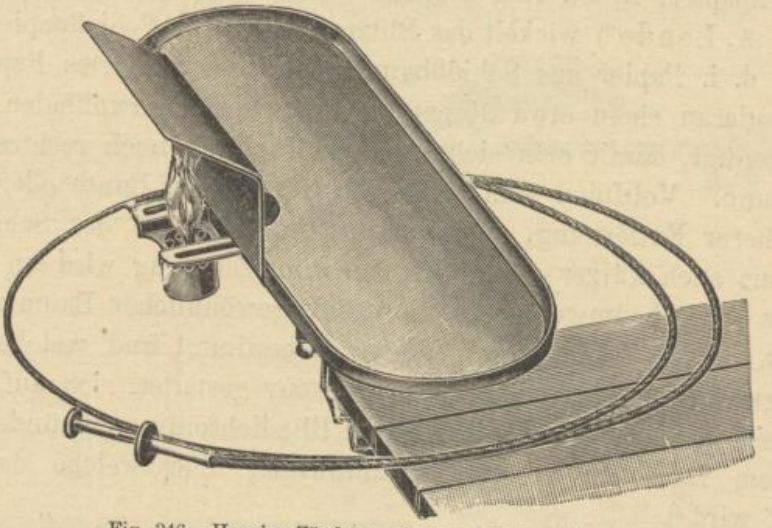


Fig. 346. Hennigs Zündung mit einer Weingeistflamme.

suchsanstalt in Wien mit Erfolg demonstriert (Eder). — R. Rousseau beschreibt gleichfalls Magnesiumblitzlicht-„Cartouches“ im Bull. Assoc.

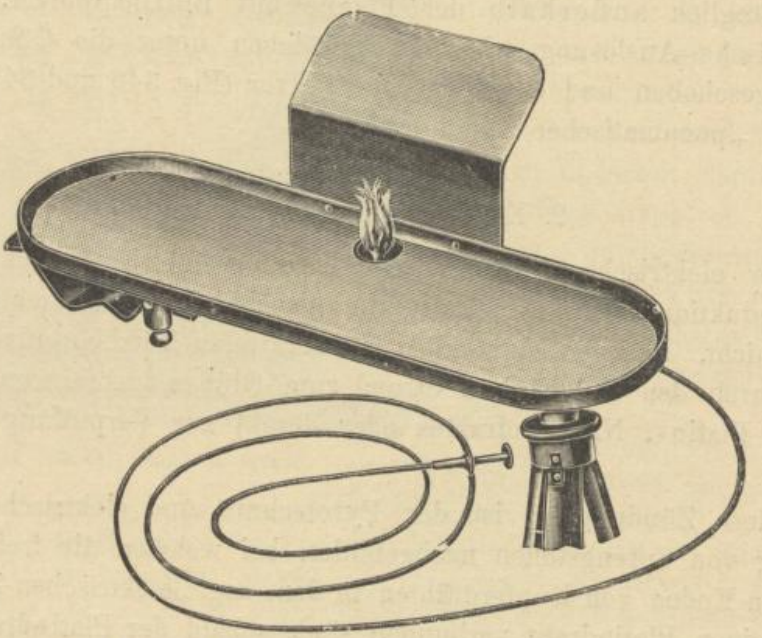


Fig. 347. Hennigs Zündung mit einer Weingeistflamme.

Belge de Phot. 1894, S. 478 (mit Figur); sie sind mit Kaliumchlorat, Schwefelantimon und Magnesium gefüllt. Hierbei erfolgt die Zündung

mittels eines feinen Platindrahtes ($^1/_{33}$ mm Durchmesser), welcher mittels einer galvanischen Batterie ins Glühen gebracht wird und der das Blitzlichtpulver entzündet. Ebenso gingen Gordes in Köln[1]) u. a. vor.

Von der Verwendung des sehr explosiven Chlorat-Schwefelantimongemisches kam man später ab und erkannte, daß die meisten gebräuchlichen Blitzlichtpulver sich ohne weiteres mittels elektrischer Zündung entzünden lassen.

Fr. Novak[2]) verwendete zwei Pinzetten, ähnlich einer Flachzange. Dieselben sind je an einen Eisenstab, der mit einer elektrischen Batterie verbunden ist, angeschraubt. In die Pinzetten wird 0,2 mm starker Eisendraht eingeklemmt, und zwar so, daß die Entfernung der beiden eingeklemmten Drahtenden ungefähr 3 bis 4 cm beträgt. Der Draht wird durch den Strom einer Tauchbatterie von 8 Smee-Elementen (ungefähr 8 Volt) leicht zum Glühen und Abschmelzen gebracht. Die Verbrennung geschieht auf einer Asbestunterlage, indem man den in die Pinzetten eingeklemmten Eisendraht mit dem zu verbrennenden Gemenge überdeckt und dann den Strom schließt. Es ist also ein Überträger der Zündung, wie Schießpulver oder Kollodiumwolle, gar nicht nötig.

Da aber manche Blitzlichtpulver doch nicht rasch und regelmäßig genug abbrennen, so schaltet man nicht selten entweder Schießpulver[3]) allein oder einen Zündsatz aus 3 Teilen Schießpulver und 1 Teil Kaliumchlorat (Krebs und Kieser[4]) ein, in welchen der zwischen zwei Klammern ausgespannte, etwa 0,2 mm dicke Platindraht oder dergl. liegt; zunächst flammt der Zündsatz auf und entzündet dann erst das Blitzlichtpulver. Beim Zünden mehrerer Lampen ist ein direktes Einbringen des Platindrahtes ohne Vorschaltung eines Zündsatzes nicht angängig, da die Zündungen sonst unregelmäßig erfolgen, außerdem auch durch die bei der Verbrennung von Blitzlichtpulver erzeugte sehr hohe Temperatur der Platindraht jedesmal durchschmelzen würde. Bei Anwendung mehrerer Lampen werden dieselben hintereinander geschaltet und möglichst nahe beieinander aufgestellt, um die leuchtende Fläche nicht zu groß zu gestalten (Krebs und Kieser).

Eine gute elektrische Zündung „Tor“ (Fig. 348) erzeugen die Photochemischen Werke „Tip-Top“ von Carl Seib in Wien. Sie dient zur Zündung des Sonnenblitzes (s. S. 565). Die Torklemme (Fig. 349)

1) Eders Jahrb. f. Phot. 1894, S. 386.
2) Eders Jahrb. f. Phot. 1903, S. 219.
3) Auch Schießbaumwolle ist zu verwenden.
4) Eders Jahrb. f. Phot. 1904, S. 573.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

besteht aus einem Bügel a, mit dem durch Fiber c isolierten Kontaktplättchen d, an welchem die Kabelenden befestigt sind. Das Kabel b geht durch den Bügel. Ferner ist, um Kurzschluß bei unvorsichtigem Hantieren mit dem Apparat zu vermeiden, eine Isolierscheibe, an einem Faden hängend, den Torklemmen beigegeben. Diese Isolierscheibe soll,

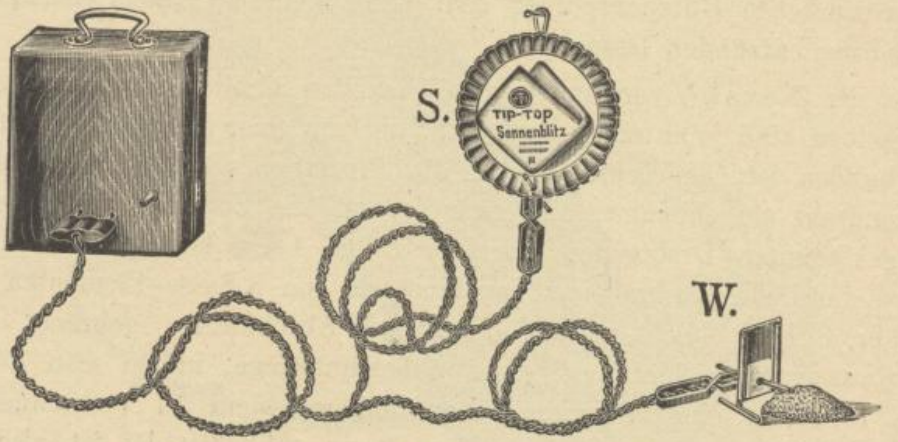


Fig. 348. Elektrische Zündung „Tor" von Seib.

wenn nicht ein Torzünder in der Torklemme sich befindet, stets zwischen den Kontaktplättchen d eingeklemmt sein, namentlich wenn der Steckkontakt in die Kontaktdüsen eingeführt wird. Der Torzünder (Fig. 350): Ein Karton- oder Holzstreifen e wird am Kopf mit einer Masse, ähnlich der der schwedischen Zündhölzer, überzogen. Auf den Seiten des Kartons oder des Holzstreifens werden Kontaktplättchen g aus Messing angebracht, die mit einem feinen Draht f, welcher über den Zündkopf geht, verbunden sind. Der Hauptvorteil dieser Art Zünder besteht, neben der Garantie sicherer, ein Versagen ausschließender Zündung, in der durch die Länge des Zünders gebotenen Möglichkeit, durch geschicktes Arrangement die Torklemme außerhalb der Flammenwirkung des Blitzlichtpulvers zu bringen und dieselbe vor dem Zerstören durch die entstehende große Hitze zu bewahren. Für offenes Blitzlichtpulver und Fächerblitzlichtpatronen ist die Stellung des Zünders in der Torklemme, wie Fig. 348 oder 351 zeigt (Phot. Korresp. 1907, S. 446).

Fig. 349.

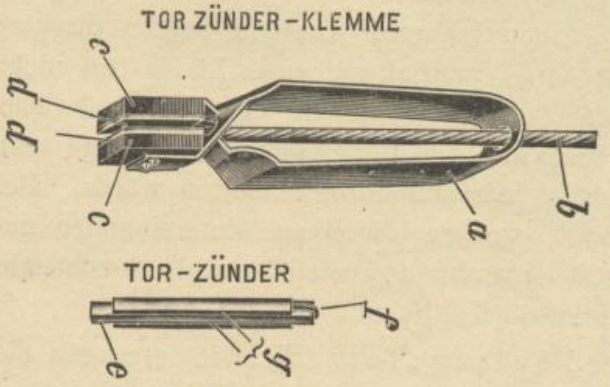


Fig. 350. Torzünder von Seib.

Fig. 352 zeigt Otto Spitzers Blitzlichteinrichtung für elektrische Zündung.

Man nimmt die Kontaktklemme und klemmt sie auf den Rand der Pulverpfanne. Ein Zünder wird an den Enden von der Umspinnung ca. 1 cm mit dem Taschenmesser befreit und in die nach

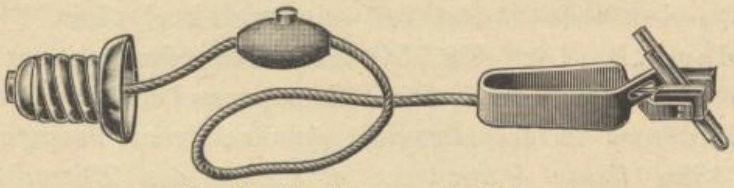


Fig. 351. Tor-Klemmen und -Zünder.

oben stehenden Klemmfedern gedrückt, so daß eine metallische Verbindung hergestellt ist. Es ist zu beachten, daß die Stelle, wo sich die beiden Enden des Zünders wieder vereinigen, noch umsponnen ist, da sich die beiden Kupferdrähte nicht unumsponnen berühren dürfen. Nun schütte man das betreffende Quantum Blitzlichtpulver auf die Pfanne und biege den Zünder so, daß die Zündpille in das Blitzlichtpulver hineinragt. Alsdann werden die zwei am Ende der Schnur befindlichen Stöpsel der Zuleitungsschnur in die Kontaktlöcher der Klemme gesteckt. Die in der Nähe des Druckknopfes befindlichen zwei Kontaktstöpsel werden erst jetzt in die Ösen der Batterie gedrückt und es kann nunmehr durch Druck auf den Druckknopf im geeigneten Moment das Pulver zur Entzündung gebracht werden. Es ist empfehlenswert, die Zündklemme

Fig. 352. Spitzers elektrische Blitzlichtzündung.

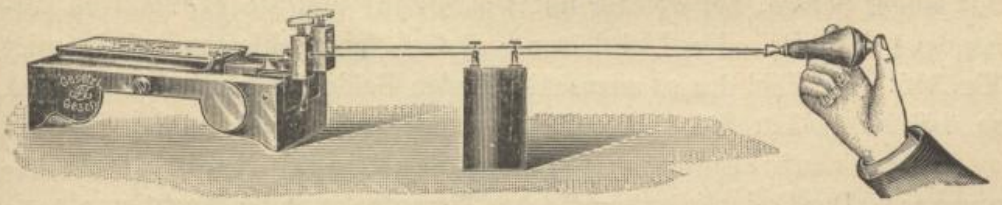


Fig. 353. Elektrische Zündung von Blitzlicht.

von Zeit zu Zeit an derjenigen Stelle zu reinigen, wo die Kupferdrähte des Zünders mit ihr in Verbindung gebracht werden, damit die metallische Verbindung nicht durch Ablagerung von Blitzlichtpulverstaub verhindert wird.

A. Tischler in München konstruierte (1901) einen Blitzlichtapparat („Moment“) mit elektrischer Zündung (Fig. 353). Die beiden

Klemmschrauben sind mit einem kleinen Akkumulator von 3 bis 4 Zellen oder einem Chromsäureelement durch Leitungsdrähte verbunden. Die Blitzlichtpatrone wird aufgelegt, und ein Baumwolledocht der Patrone mit einem feinen Draht in Berührung gebracht, welcher beim Schließen des Stromes ins Glühen kommt (Eders Jahrb. f. Phot. 1902, S. 455).

E. Quedenfeldt zündet bei seiner elektrischen Blitzlicht-Fernzündung „Baldur" (Fig. 354) unter Anwendung eigener Patronen. Sie haben die äußere Form von Glühlampensockeln und werden wie die Glühlichtbirnen in die allgemein gebräuchlichen Fassungen eingeschraubt. Ein feiner Platindraht entzündet das Blitzpulver beim Schließen eines elektrischen Kontaktes (sechs Trockenelemente). Dieses Magnesiumblitzlicht wird innerhalb eines mit transparentem, weißem, imprägniertem Stoffe verschlossenen transparenten, leicht zusammenklappbaren Kastens abgebrannt. Es strahlt zerstreutes Licht nach

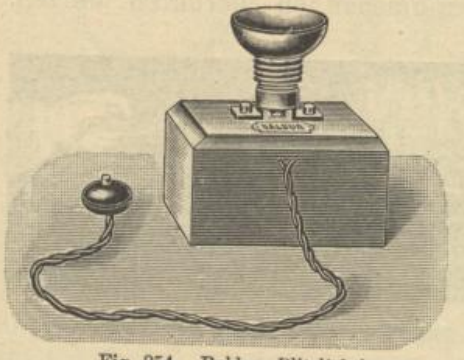


Fig. 354. Baldur-Blitzlichtlampe.

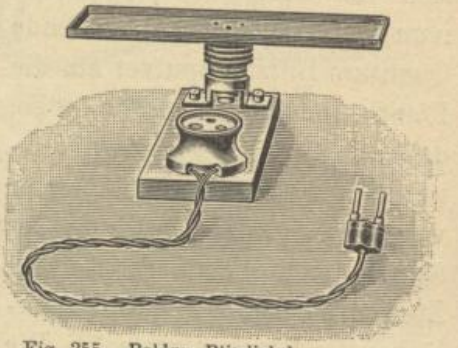


Fig. 355. Baldur-Blitzlichtlampe.

allen Seiten hin aus und bewirkt dadurch eine weiche, plastische Beleuchtung.[1])

Eine einfache „Baldur"-Blitzlichtlampe von Quedenfeldt[2]) mit langer Schale, bei welcher mit 3 m Schnur und Steckkontakt an vorhandene Batterie oder Lichtleitung einfach angeschlossen wird, zeigt Fig. 355. Die Zahl der so anzuschließenden Baldurlampen ist unbegrenzt, so daß in großen Sälen dieselben verteilt angeordnet werden können.

Nachtaufnahmen mit Goerz-Schillings' Nachtblitzlichtapparat. Der Gedanke automatischer Tieraufnahmen bei Nacht wurde zuerst von Schillings[3]) erwogen. Die hierbei verwendeten Apparate wurden unter Mitwirkung Schillings' von der optischen Anstalt C. P. Goerz in Berlin-Friedenau konstruiert und nach den seit Jahren seitens des-

1) Eders Jahrb. f. Phot. 1902, S. 453; 1903, S. 396.

2) Eders Jahrb. f. Phot. 1906, S. 355.

3) „Mit Blitzlicht und Büchse" von C. G. Schillings (R. Voigtländers Verlag, Leipzig).

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

selben in der afrikanischen Wildnis gemachten Erfahrungen neuerdings ganz erheblich verbessert. Um Nachtselbstaufnahmen von Tieren herzustellen, ist vor allem ein tadelloses Zusammenarbeiten aller mechanischen Teile und absolute Funktionssicherheit auch unter aller ungünstigsten klimatischen Verhältnissen erforderlich; müssen doch die Apparate oft tage- und sogar wochenlang aufgestellt stehen, allen Witterungseinflüssen ausgesetzt. Außerdem aber muß die Konstruktion eine möglichst einfache sein, so daß ein jeder ohne besondere Übung damit umzugehen vermag. Die allen diesen Anforderungen entsprechenden Apparate der optischen Anstalt C. P. Goerz funktionieren in folgender Weise: das Tier berührt einen Faden, der zunächst eine das Objektiv sichernde Schutzklappe auslöst. Unmittelbar darauf wird das Blitzlicht und der Schlitzverschluß in Funktion gesetzt, und nach der Exposition bedeckt eine zweite Schutzklappe das Objektiv. Die Zündung des Blitzlichtpulvers kann auf zweierlei Art bewirkt werden. Bei den Apparaten, die Schillings benutzte, geschieht sie vermittelst einer Schlagröhre; wo Elektrizität vorhanden, läßt sie sich auch auf elektrischem Wege erreichen. Der Apparat besteht aus der Aufnahmekamera mit Spezialmechanismus und dem Stative für das Blitzlichtpulver mit Reflektor und Auslösevorrichtung. Das Kameragehäuse aus imprägniertem Holze ist mit Lederüberzug versehen und mit dem lichtstarken Goerz-Doppelanastigmaten „Celor" ausgerüstet, als Verschluß dient der bekannte Goerz-Anschützschlitzverschluß vor der Platte. Für lange andauerndes Offenstehen der Kassette ist ein weiterer innerhalb des Kameragehäuses angeordneter Klappenverschluß vorgesehen. Zur Betätigung der einen Klappe greift ein federnder Stift *1* (Fig. 357) in einen mit der Klappe verbundenen Hebel ein. Wenn die Gardine aufgezogen ist, greift ein anderer Sperrstift *3* (Fig. 357) in den Rouleauaufzugsknopf ein, worauf die zweite Klappe festgestellt werden kann. Der ganze Hebelmechanismus liegt in einer Zwischenwand und ist durch eine Tür *4* (Fig. 357) nach außen hin verschlossen. Das zu dem Apparate gehörige Stativ mit Blitzlichtrinne (Fig. 358) ist so leicht wie möglich gehalten, es besteht aus Bambusstäbchen. Der Kopf des Stativs, sowie die Rinne für das Blitzlicht sind aus Nickelaluminium gefertigt. Die Blitzlichtrinne hat auf ihrer Grundplatte zwei Hebel *5* und *6* (Fig. 358), die auf der einen Seite einen Sandsack tragen, während auf der andern Seite ein leicht herausreißbares Stäbchen *7* (Fig. 358) eingeklemmt wird. Außerdem ist der Sandsack durch eine Schnur mit dem Schlagbolzen verbunden. Unter dem Sandsacke liegt ein Rahmen mit quer gespanntem, zur Kamera führendem Faden, der an einem Stäbchen endet. Der Apparat funktioniert nun in folgender

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Weise: Das zu photographierende Tier kommt, eventuell angelockt durch einen Köder, in Berührung mit dem Faden *27* (Fig. 356), wodurch die erste Metallplatte herunterfällt und das Objektiv geöffnet wird. Mit diesem ersten Faden ist ein zweiter verbunden, welcher einen Stift aus dem Hebel herumreißt, so daß der Sandsack (Fig. 356) fällt, die eine Schnur (Fig. 356) berührt und den Schlitzverschluß auslöst. Beim

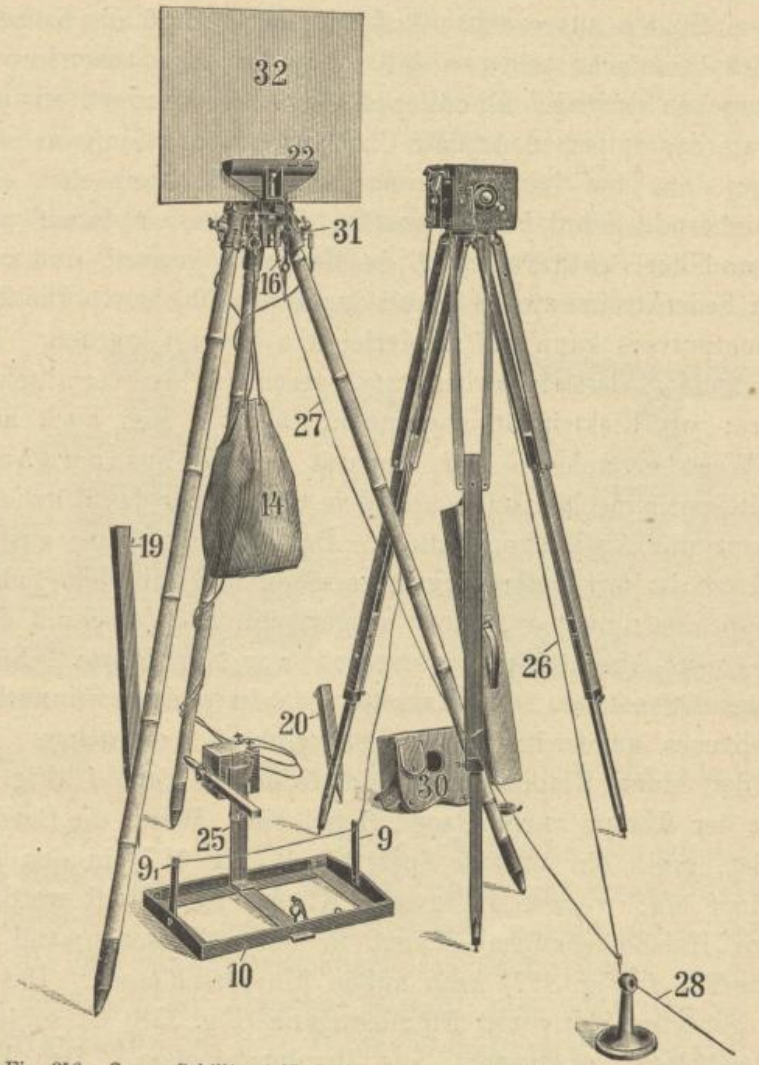


Fig. 356. Goerz-Schillings' Nachtblitzlichtlampe mit automatischer Auslösung.

Weiterfallen reißt der Sandsack den Schlagbolzen ab, worauf dann die Aufnahme erfolgt. Ist der Schlitzverschluß abgelaufen, so bringt er automatisch die zweite Metallklappe vor das Objektiv, so daß nunmehr die lichtempfindliche Platte trotz geöffneter Kassette nicht nachbelichtet werden kann. Selbstverständlich kann der Apparat erforderlichen Falles auch von dem in der Nähe verborgenen Aufnehmenden im richtigen Augenblicke selbst ausgelöst werden. Nur mit

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Hilfe dieser Apparate, deren sichere Funktion erst nach eingehenden Proben und Studien erreicht wurde, war es möglich, wilde Tiere in Freiheit zu photographieren (Deutsche Phot.-Ztg. 1906, S. 812; Eders Jahrb. f. Phot. 1907, S. 330 bis 332).

Einen neuen Blitzlichtapparat für nächtliche Tieraufnahmen hat Neuhauß (Phot. Rundschau 1907, S. 113) konstruiert. Die leitende Idee war, an die Stelle der von Schillings verwendeten Einrichtung eine solche zu setzen, die nicht durch verfrühtes Geräusch oder lange Brenndauer das aufzunehmende Tier scheu macht. Die bisherigen Publikationen erachten für solche Freiaufnahmen bei großen Objektiv-

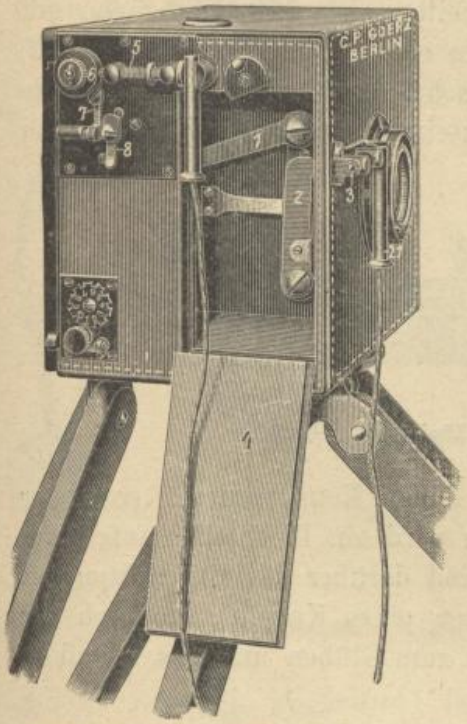


Fig. 357. Goerz-Schillings' Kamera.

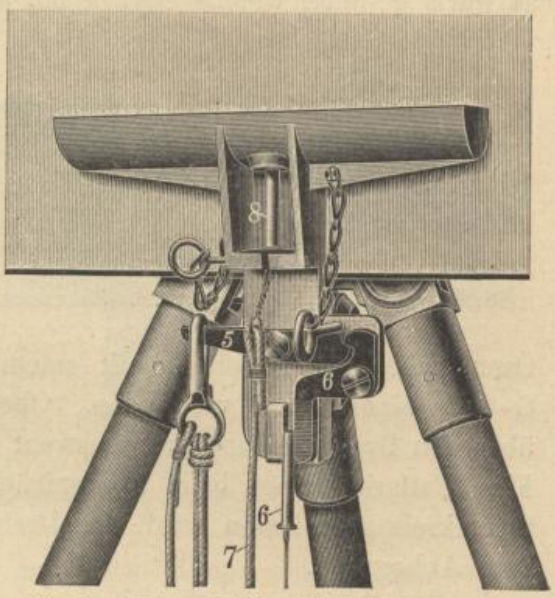


Fig. 358. Goerz-Schillings' Nacht-Blitzlichtapparat.

öffnungen ($f/5$ bis $f/6$) Mengen von 50 bis 500 g Blitzlichtpulver für nötig, Neuhauß erzielt ebenso reichlich exponierte Bilder mit 4 g Blitzlichtpulver, da er die Zeit der Abbrennung genau mit der Zeit des Abrollens des Schlitzverschlusses zusammenfallen läßt. Die Vorrichtung läßt sich mit jedem beliebigen Verschlusse kuppeln, auch wenn die Auslösung pneumatisch ist, und besteht im wesentlichen aus einer Stangenkuppelung der Welle des Momentverschlusses mit der Sperrklinke des Zündstiftes, indem dieser mit der Kuppelung durch eine kleine, etwas lockere Kette verbunden ist, die sich beim Drehen der Welle um eine Stange wickelt und durch ihre hierbei stattfindende Verkürzung den nötigen Zug an der Sperrklinke ausübt. Die Vorrichtung hat sich bei allen

Versuchen bewährt und gestattet Aufnahmen im Freien mit 4 g Blitzlichtpulver bei geringem Objektabstand mit Objektiven von $f/6$ Öffnung und 11 cm Brennweite, während früher viel größere Mengen nötig waren, um durch die Verlängerung der Blitzdauer die mechanischen Mängel in der Übereinstimmung von Verschluß und Blitz auszugleichen. Die nach Ostafrika abgegangene Expedition des Herzogs Adolf Friedrich von Mecklenburg hat den neuen Nachtblitzlichtapparat mit auf die Reise genommen. Die Erzeugung des durchaus einfachen und kompendiösen Apparates hat A. Stegemann in Berlin übernommen (Eders Jahrb. f. Phot. 1908, S. 371).

Ein einfaches Verfahren zur Herstellung von Blitzlichtlampen mit elektrischer Zündung ist folgendes[1]): In einen Holzpfropfen (Fig. 359) werden zwei parallele Bohrungen gemacht, darin zwei Leitungsdrähte aufwärts geführt, welche etwa 1 cm auseinanderstehen und oben zwei

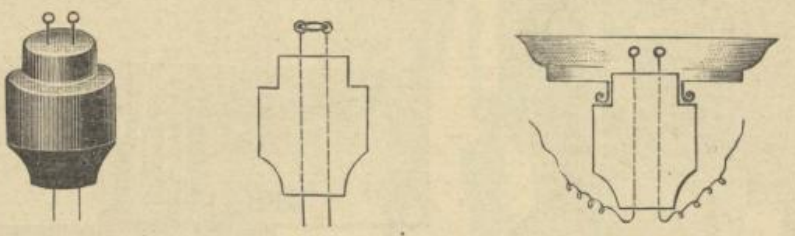


Fig. 359. Elektrischer Zündapparat.

Ösen haben. Sie werden mit einem feinen Neusilberdraht (von der G-Saite einer Geige) verbunden. Oben wird ein Blechteller aufgesetzt, über den Draht Schießpulver gestreut und darüber das Blitzlichtpulver. Eine Batterie bringt beim Niederdrücken eines Knopfes, wodurch der Stromkreis geschlossen wird, den Draht zum Glühen und das Blitzlicht zum Abbrennen.

In ähnlicher Weise sind zahlreiche Konstruktionen ausgeführt und in den Handel gebracht worden.

IV. Pneumatische Zündung.

Eine der ersten Methoden zur pneumatischen Zündung von Magnesiumblitzlichtpulver (mit Chlorat und Perchlorat) rührt von Müller[2]) (1889) her. Er bläst mittels eines Kautschukballons aus einer Glasröhre Lycopodiumstaub (Hexenmehl) in eine Weingeistflamme, wo-

1) Phot. Wochenbl 1893, S. 219; Mercator, Die Verwendung künstlicher Lichtquellen zu Porträtaufnahmen usw. 1898, Halle a. S.

2) Müller, Bedeutung und Verwendung des Magnesiumlichtes in der Photographie, 1889 (Weimar).

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

durch ein weitgehender Feuerstrahl entsteht, der auf das Magnesiumgemisch trifft.

Das Prinzip des in Fig. 360 abgebildeten Apparates ist folgendes: Bläst man einen mit Lycopodiumstaub geschwängerten Luftstrom durch eine Flamme, so beobachtet man einen ziemlich weitgehenden Feuerstrahl. Letzterer ist nicht heiß und entzündet, direkt auf das Blitzlichtgemisch geblasen, dieses nicht, wohl aber unfehlbar Schießbaumwolle. Steht nun letztere mit dem Blitzlichtpulver in direkter Berührung, so erfolgt die Verpuffung. In Fig. 360 ist *a* ein Metallgefäß mit Lycopodiumpulver; der obere Teil ist mit Kork verschlossen, durch welchen ein gebogenes Metallrohr (mit Gummmischlauch und Ballon) reicht. Drückt man auf den Gummiball, so reißt der Luftstrom das Lycopodiumpulver mit und tritt durch das Seitenrohr *b* aus, gelangt in die Kerzenflamme

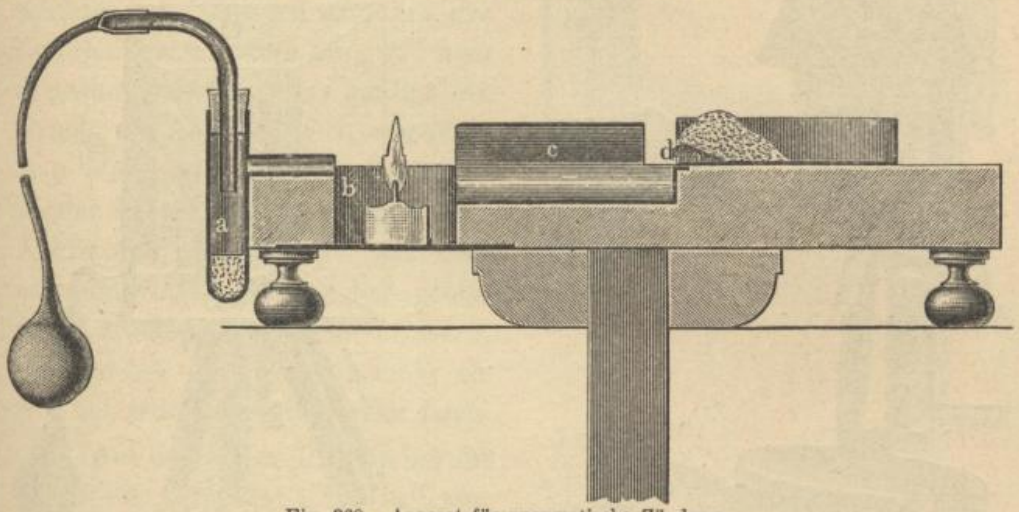


Fig. 360. Apparat für pneumatische Zündung.

und es tritt ein Feuerstrahl in das 6 cm lange und $2^1/_2$ cm weite Messingrohr. Dieses leitet die Flammenzunge gegen den flachen Kasten, worin das Blitzlichtpulver sich befindet, und welcher bei *d* eine kleine Öffnung besitzt, aus welcher ein kleiner Bauschen Schießbaumwolle herausragt. Innerhalb des flachen Kastens ist das Blitzpulver über das andere Ende des Bauschens von Schießwolle geschüttet; die Entzündung der Schießbaumwolle bewirkt die Entzündung des Blitzlichtpulvers. Will man den Apparat benutzen, so beschickt man ihn gänzlich, zündet dann erst die Kerze an, hütet sich aber, aus Unvorsichtigkeit vorzeitig den Gummiball zu berühren; im gegebenen Moment bewirkt der Druck auf den Gummiball die Entzündung.

Hesekiel und Link[1]) zündeten ihr Magnesium-Salpetergemisch

1) Eders Jahrb. f. Phot. 1893, S. 158.

mittels eines glühenden Drahtes. Als Brennstoff dient Spiritus, der, auf einem Asbestschwamm brennend, einen darüber befindlichen Draht im Glühen erhält (Fig. 361).

Bei einem Druck auf einen Gummiballon fällt nun der Draht in das Blitzlichtpulvergemisch, welches, in eine drehbare Repetiervorrichtung unter einem Teller eingefüllt, zu je 5 hintereinander folgenden Blitzen stets in Bereitschaft ist.

Gaedicke (1891) benutzte einen dicken schwammigen Karton, welcher durch Tränken mit Salpeter zu einer Lunte umgewandelt war, in ähnlicher Weise (anstatt des glühenden Eisendrahtes) zur pneumati-

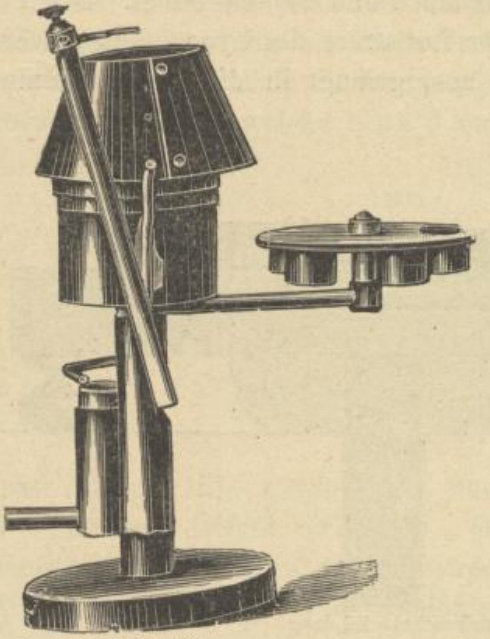


Fig. 361.

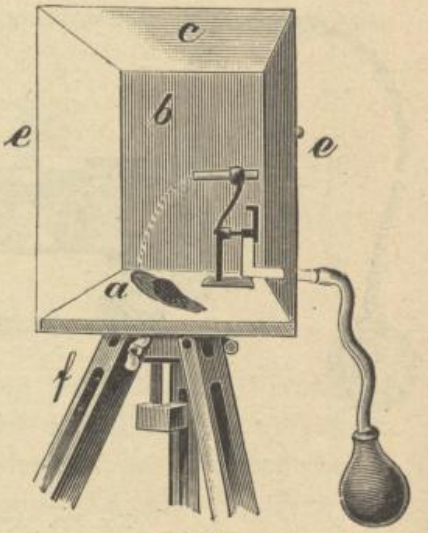


Fig. 362.

Lampen mit pneumatischer Zündung.

schen Zündung. Fig. 362 zeigt eine zerlegbare Laterne mit einklappbaren Wänden *bce*; bei *a* ist das Blitzlichtpulver, auf welches der pneumatisch auslösbare glimmende Luftdruckzunder fällt[1]).

V. Zündung durch Perkussion.

Die Verwendung einer Zündflamme kann durch Anwendung von Zündblättchen, sog. „Amorces“ der Pyrotechnik ersetzt werden, welche aus zwei aufeinandergeklebten Papierblättchen; zwischen denen sich die Zündmasse (z. B. Kaliumchlorat, roter Phosphor und Gummi) befindet, wie solche zu den bekannten Kinderpistolen verwendet und durch Schlag zur Detonation gebracht werden. Solche Lampen brachte

1) Eders Jahrb. f. Phot. 1892, S. 375.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

z. B. Emil Wünsche[1]) in Dresden (ca. 1892) in den Handel (Blitzlichtlampe „Elektra"). Um die Lampe gebrauchfertig zu machen, zieht man den Hebel *a* (Fig. 363) so weit nach oben, bis derselbe an der Nase des rückseitigen Hebels einschnappt und hängen bleibt. Darnach dreht man die Sicherung *b* so weit herum, daß der Knopf *d* (Fig. 363 und 364) darauf zu sitzen kommt — wodurch einer vorzeitigen Auslösung des Hebels *a* resp. Entzündung des Blitzlichtpulvers vorgebeugt wird — und legt unter die Spitze des mit Anschlagplatte versehenen Stiftes *c* eins von den beigegebenen Zündblättchen und zwar so, daß die Spitze des Stiftes auf den erhöhten Punkt des Zündblättchens zu sitzen kommt. Das letztere ist dadurch festgehalten und kann bei einer etwaigen Bewegung der Lampe nicht wegrutschen. Das Blitzlichtpulver schüttet man nun auf und um das Zündblättchen herum und will man dasselbe entzünden, so genügt ein Druck auf den Kopf *d*, nachdem man kurz zuvor die Sicherung *b* wieder heruntergezogen hat. Zum Abbrennen der Lampe hat man nur eine Hand nötig; den geeigneten Moment hierzu zu erfassen, ist man bei dieser Lampe mehr als wie bei jeder anderen in der Lage.

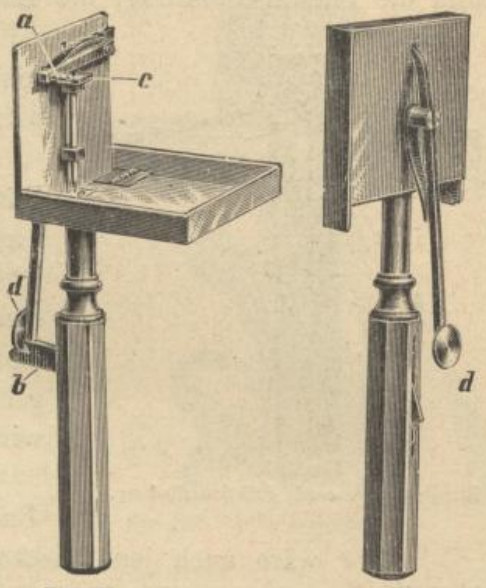


Fig. 363. Fig. 364.
Lampe mit Perkussionszündung.

Auf demselben Prinzip beruht der Blitzlichtapparat „Stella" von York Schwartz[2]). Er besteht aus einem Schlagbolzen, welcher mit einer Metallröhre samt Pfanne und Zündhütchen verbunden ist. Das Blitzlichtpulver (es darf nur die von der genannten Firma beigegebene Mischung *S* hierzu verwendet werden!) wird in die Patrone eingefüllt, auf die Pfanne ein Zündhütchen aufgesteckt und nunmehr diese mit dem Schlagbolzen verbunden. Die Zündung erfolgt durch Niederdrücken der Feder des Schlagbolzens, welcher, an einem gewissen Punkte angelangt, gegen die Pfanne vorschnellt und das Zündhütchen zur Explosion bringt.

Es ist überflüssig, die zahlreichen Varianten dieser Apparate anzuführen; jedoch soll besonders darauf hingewiesen werden, daß nicht

1) Eders Jahrb. d. Phot. 1893, S. 220.
2) Phot. Korresp. 1898, S. 658.

alle Blitzlichtpulver zu diesen Perkussionszündungen sich eignen (s. S. 567), weil sie hierbei zu Explosionen neigen.

VI. Die Friktionszündung

der Blitzlichtgemische ist der Friktionszündung von Geschützpulver in Kartuschen nachgebildet[1]). Sie besteht aus einem Metallröhrchen, in welches ein Messingdraht eingeführt ist. Der Draht ist an dem im Rohre befindlichen Teil mit einer stark gerauhten Fläche versehen, dem sog. „Reiber", welcher von einem Zündsatz (z. B. Kaliumchlorat, Schwefelantimon, Glaspulver und Gummiarabikum) umgeben ist. Wird der Draht mit dem Reiber herausgerissen, so entzündet sich der Zündsatz, und die Flamme überträgt die Entzündung auf die Pulverladung.

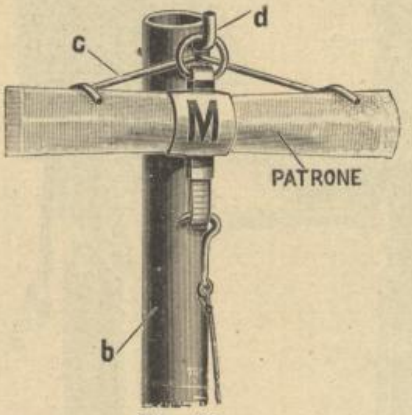


Fig. 365.
Blitzlichtpatrone mit Friktionszündung.

Solche Zündungen kommen in verschiedenen Abarten auch bei Blitzlichtpatronen in Anwendung.

Fig. 365 zeigt die Aufmachung einer Blitzlichtpatrone mit Friktionszündung nach Otto Spitzer (Berlin). Eine etwa 12 cm lange Messinghülse *b* wird über einen Stock *a* gegeben und am Haken *d* die Patrone mit zwei Geradehaltern *c* aufgehängt. Kurzes Reißen der Schnur bewirkt die Entzündung durch Reibung.

Über Friktionszündung von Hart s. Brit. Journ. Phot. 1910, S. 938 mit Figur.

Hier wäre auch jene Methode zu erwähnen, bei welcher durch Friktion gewöhnliche Zündhölzchen zum Entflammen gebracht werden und die Blitzlichtgemische dann entzünden[2]).

VII. Zündung mit Funken pyrophorer Metalle.

Einzelne Legierungen der Metalle der Ceritgruppe, namentlich die Legierungen des Cers mit Eisen, geben, wie Auer von Welsbach (D. R. P. Nr. 154807) zuerst festgestellt hat, beim Reiben mit harten Körpern Späne, die sich an der Luft sofort von selbst entzünden und unter lebhafter Oxydbildung verbrennen. Beim Ritzen mit einer Feile oder mit einer Messerklinge entstehen Funken- oder selbst Flammengarben von beträchlicher Größe. Von diesem Verhalten der pyrophoren Cer-Eisenlegierungen macht man neuerdings auch Gebrauch, um leicht

1) Vgl. Lueger, Lexikon der gesamten Technik, 2. Aufl., V. Bd., S. 196.

2) Z. B. wird ein Streichholz mechanisch in der Blitzlichtlampe durch eine Reibfläche entzündet (Agfa-Lampe älterer Konstruktion. Eders Jahrb. f. Phot. 1909, S. 246).

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

entflammbare Flüssigkeiten (Benzin) oder explosible Gemenge zu entzünden, und hat sich hierfür insbesondere das von den Treibacher Chemischen Werken in Treibach sowie von der Pyrophor-Metallgesellschaft A.-G. in Köln in den Handel gebrachte „Auermetall", das außer Cer noch ca. 30 % Eisen enthält, brauchbar erwiesen.

Die Zündung von Magnesiumblitzlichtgemischen mit funkensprühenden Metallen (pyrophoren Legierungen) ließ die Berliner Aktiengesellschaft für Anilinfabrikation patentieren (D. R.-P. Nr. 230 100 vom 13. August 1909) und brachte sie in den Handel[1]). Die Lampe ist aus Nickelblech hergestellt (Fig. 366); sie wird an dem in der Figur sichtbaren Schlüssel aufgezogen, und damit ein Hebel gespannt, der mit dem aus pyrophorem Metall bestehenden Rädchen in Verbindung steht. Man schüttet das Blitzlichtpulver breit auf die Pfanne auf und sorgt dafür, daß sich an einer links von dem Rädchen befindlichen sichtbaren Schraube eine kleine Anhäufung befindet, weil dorthin der bei der Auslösung des Hebels entstehende Funke schlägt. Beim Gebrauche hält man die Lampe mit ausgestrecktem Arme weit von sich ab und führt die Entzündung herbei, indem man den Auslösungshaken mit dem Daumen nach unten zieht. Ebenso kann sie als Stehlampe Verwendung finden, indem sie auf einen Fuß angeschraubt wird. Dabei wird alsdann eine pneumatische Auslösung in Anwendung gebracht und die gespannte Feder durch einen Druck auf den Gummiball ausgelöst. Das an der Lampe befindliche Zündmittel reicht für mehrere hundert Zündungen aus.

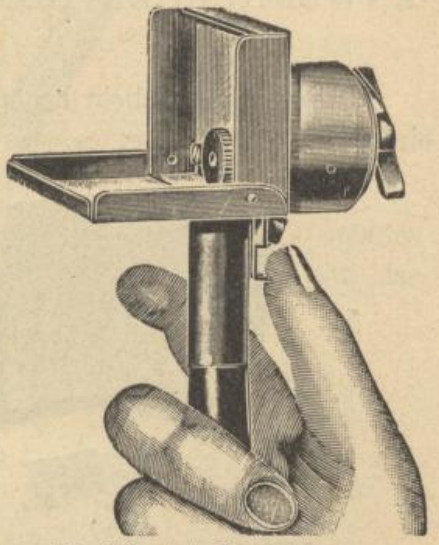


Fig. 366. Agfa-Blitzlichtlampe.

Die photochemischen Werke von F. Hrdliczka in Wien benutzen (1910) zur Zündung bei ihren „Rembrandt-Taschenblitzlichtlampen" einen pyrophoren Metallstift, welcher lange verwendbar bleibt und sicher zündet.

Auch andere derartige Einrichtungen wurden von anderer Seite beschrieben[2]).

1) Deutsche Photogr.-Zeitung 1910, S. 563.

2) Faltinger, Fiedler (Eders Jahrb. f. Phot. 1910, S. 358).

ACHTUNDZWANZIGSTES KAPITEL.

APPARATE, RAUCHFÄNGER UND ATELIERS FÜR MAGNESIUMBLITZLICHT. — VERSCHIEDENE ANWENDUNGEN DES MAGNESIUMBLITZLICHTES.

Magnesiumblitzlicht benötigt in der Regel nicht viel Apparate. Für einfachere Fälle genügt es, das Blitzlichtpulver auf eine Stein-, Asbest- oder Eisenplatte usw. oder in ein ganz flaches Eisenschälchen zu streuen, einen Zünder (Salpeterpapier) oder eine andere Lunte hineinzulegen und dann an einem Ende zu entzünden. Das Ganze kann auf einem Ständer nebst einem Reflektor in der in Fig. 367 angegebenen Art angeordnet werden.

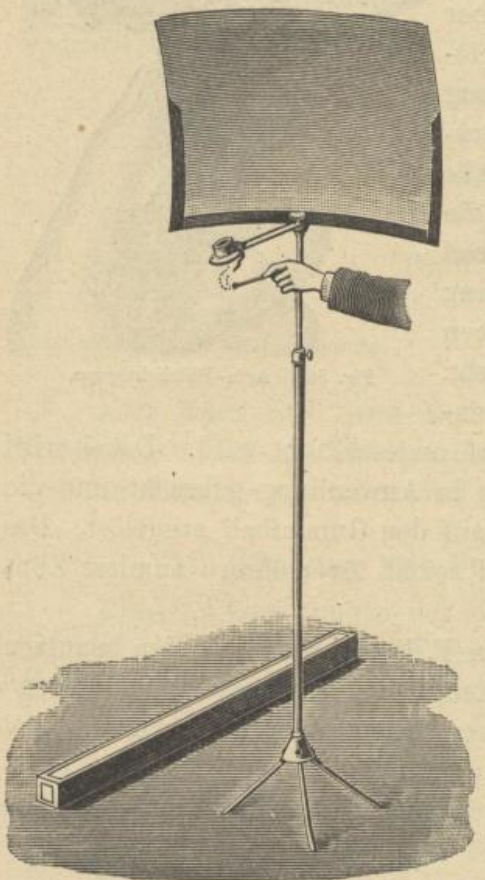


Fig. 367. Magnesiumlampe mit Reflektor.

Der Eisenschale kann man z. B. die in Fig. 368 abgebildete Einrichtung geben; ihre Umrandung besitzt einen Schlitz, durch den ein Streifen Salpeterpapier gesteckt wird. Derselbe geht bis in das Blitzlichtpulver, das man in der Wanne ausschüttet, und hängt nach außen herab; die Wanne hat eine Hülse, in die man einen Stock stecken kann, um die Lichtquelle beliebig hoch halten zu können (Photogr. Wochenblatt 1901, S. 380).

Dr. G. Krebs in Offenbach a. M. erhielt ein D. R.-P. Nr. 192652 (1907) auf eine aus einem zerlegbaren Gestell bestehende Blitzlichtvorrichtung für photographische Aufnahmen (Fig. 369), dadurch ge-

kennzeichnet, daß eine in einen zerlegbaren Fuß *a* eingesteckte, aus einzelnen Teilen *bcd* bestehende Säule eine Anzahl drehbarer, abnehmbarer Tragarme *fhklop* trägt, welche mit Vorrichtungen *gimn* zum Halten der verschiedenartigen Leuchtsatzpackungen und eines Reflektors eingerichtet sind (Phot. Chronik 1908, S. 226).

Chas. H. Nichols in St. Louis offeriert (1903) eine Blitzlichtlampe mit Beleuchtungsschirm, welche auf einem Stativ beweglich befestigt ist, wie Fig. 370 andeutet.

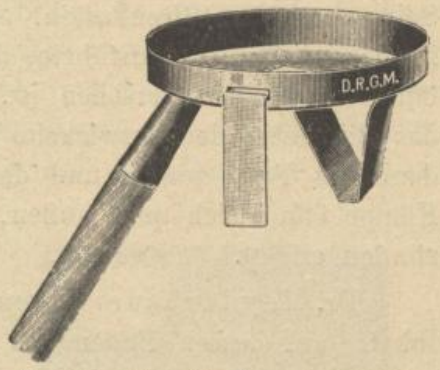


Fig. 368. Ständer für Magnesiumblitzlicht.

Porträt- und Gruppenaufnahmen erhalten eine weichere Beleuchtung, wenn man das Magnesiumblitzlicht durch entsprechend große, weiße transparente Schirme (Pausleinwand, event. durch Imprägnieren unverbrennlich gemacht, nasse Leinwand), mehrfache Schichten Seidenpapiers, mattes Glas usw. fallen läßt. Auch blaue Gläser wurden versucht, um das Licht für die Augen milder zu machen [1]).

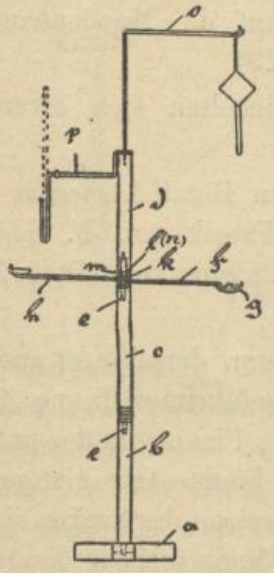


Fig. 369. Blitzlichtständer.

Fig. 370. Blitzlichtlampe mit Reflektorschirm.

Zur Beseitigung oder Vermeidung des stets mehr oder weniger stark auftretenden Rauches bei Blitzlicht werden entweder sog. „Rauchfänger“ oder „Rauchabzüge“ angewendet. Es ist dies wichtig, nicht nur um die Belästigung durch Rauchentwicklung in Zimmern zu ver-

1) Poulenc, Eders Jahrb. f. Phot. 1901, S. 574.

meiden, sondern um die Trübung der Atmosphäre nach einer Blitzlichtaufnahme zu verhindern, welche Vornahme neuer Aufnahmen für längere Zeit unmöglich macht, da bekanntlich der feinverteilte Magnesiumoxydstaub nur langsam durch Lüftung zu entfernen ist.

Bereits Gaedicke und Miethe benutzten einen flachen, an einer Seite verglasten Blechkasten, aus welchem ein kurzer Schornstein mit seitlichem Knie herausführte, der am Ende mit einer sich nach außen öffnenden Klappe versehen ist. Man entzündet darin mit der Lunte das Blitzlicht; der entwickelte Rauch bleibt im Kasten, welchen man dann ins Freie tragen und den Rauch ausströmen lassen kann. Die Klappe öffnet sich nach außen, sobald ein starker Gasdruck beim Entzünden erfolgt.

Dr. Meydenbauer[1]) benutzt ein großes Einsiedeglas von 9 Liter Inhalt, auf dessen Boden das Pulver in einem Metallschälchen liegt, während nach dem Anzünden des Zünders von oben ein schlaffer Sack um den Rand des Gefäßes mit einer Schnur gezogen wird. Das Pulver bläst beim Verbrennen den Sack hierbei völlig auf, welcher beim Abkühlen wieder zusammenfällt und allen Qualm enthält. Größere Mengen Blitzlichtpulver können die Gläser zerschmettern (!). — Harbers-Scharmachs kamen später auf die Meydenbauersche Idee zurück (Eders Jahrb. f. Phot. 1907, S. 329).

Aus diesen ersten Anfängen entwickelten sich diverse Rauchfänger.

Einen sehr guten zusammenlegbaren Blitzlichtapparat mit Rauchfängersack bringt die photochemische Fabrik von F. Hrdliczka in Wien in den Handel. Es wird das Blitzlichtpulver mittels Zündstift in einem transparenten Sack abgebrannt.

Aufgestellt mißt der Sack 75 × 60 cm, derselbe ist aus gasdichtem weißen Stoff gearbeitet, und hat die Einführungsöffnung für die zur Aufnahme des Blitzlichtpulvers bestimmte Pfanne in der unteren Hälfte der Rückwand, wie Fig. 371 zeigt. Die Pfanne faßt glattgestrichen 5 g Blitzlichtpulver. Die umlegbaren Tragspreizen des Sackes sind an einer Metallflansche befestigt, an welche die Pfanne mit der Zündvorrichtung, also die eigentliche Blitzlichtlampe, durch einen einzigen Handgriff gasdicht angeschlossen wird. Die Zündung geschieht durch einen pyrophoren Metallstift, welcher für mehrere hundert Zündungen ausreicht. Zum Halten des Apparates dient ein abschraubbarer Handgriff, über welchem sich der Knopf zum Spannen und Abziehen der Zündung befindet.

---

1) Phot. Wochenbl. 1877, S. 182.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Der Sack wird vor der Verwendung innen mit Wasser befeuchtet. Bei der Aufnahme wird der Apparat in die Höhe gehalten (Fig. 372).

Nach Versuchen an der k. k. Graphischen Lehr- und Versuchsanstalt in Wien gibt Hrdliczkas Apparat sehr zufriedenstellende Resultate. Der Sack hält den Rauch vollkommen zurück und ist lichtdurchlässig genug, um völlig ausexponierte scharfe Bilder zu geben. Die Zündung funktioniert sicher. Er ist, wenn die Lampe einmal im feuchten Sacke eingeschlossen, gänzlich feuerungefährlich und hat vor vielen anderen mit Rauchfängern versehenen Apparaten überdies den Vorteil leichter Transportfähigkeit, da er zusammengelegt nur einen sehr kleinen Raum einnimmt.

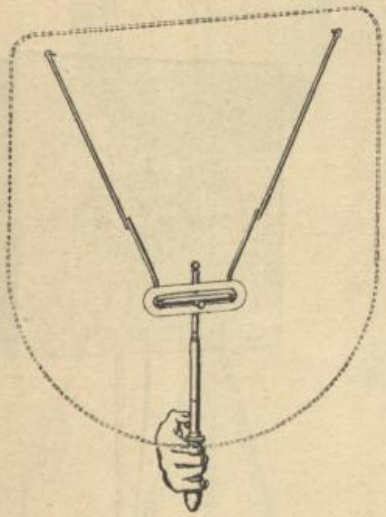


Fig. 371.

Fig. 372.

Hrdliczkas Rauchfängersack.

E. Quedenfeldt[1]) in Düsseldorf benutzt einen zusammenklappbaren Kasten aus weißem imprägniertem Stoff. Derselbe läßt sich kofferartig zusammenlegen und ist bei geringstem Gewicht sehr leicht transportabel. In dem Rauchfänger können eine oder zwei Patronen gleichzeitig abgeblitzt werden, was einer Pulvermenge bis 20 g entspricht. Durch große Lichtdurchlässigkeit nach allen Seiten hin wird eine weiche und plastische Beleuchtung erzielt.

Fig. 373 zeigt den Quedenfeldtschen Blitzlichtapparat „Baldur“ mit Rauchfänger, Kamera und elektrischer Zündungsbatterie.

Houghton & Co. in Glasgow bringen eine Lampe mit kastenförmiger Umhüllung in der in Fig. 374 abgebildeten Form in den

1) Eders Jahrb. f. Phot 1903, S. 397.

Handel. Das Magnesiumblitzlicht wird durch eine Perkussionskapsel entzündet, deren Schlagvorrichtung pneumatisch ausgelöst wird (Yearbook of Phot. 1904, S. 500; Eders Jahrb. f. Phot. 1905, S. 309).

Otto Spitzers (Berlin) Blitzlichtapparat mit elektrischer Fernzündung und Rauchsack zeigt Fig. 375.

Ein Pulverbeutel wird hinter zwei Haken gesteckt. Dann nimmt man einen Blitzlichtzünder und befreit die beiden Enden ca. $1^1/_2$ cm lang von der Umspinnung mit einem Taschenmesser. Dabei ist zu beachten, daß die Stelle, wo sich die

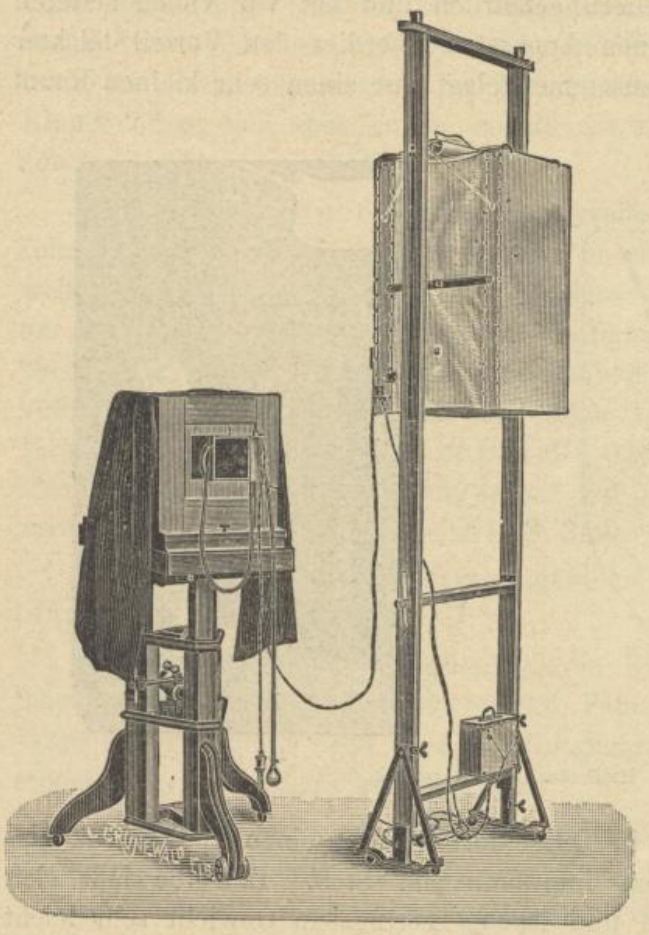


Fig. 373. Blitzlichtapparat „Baldur" im Atelier.

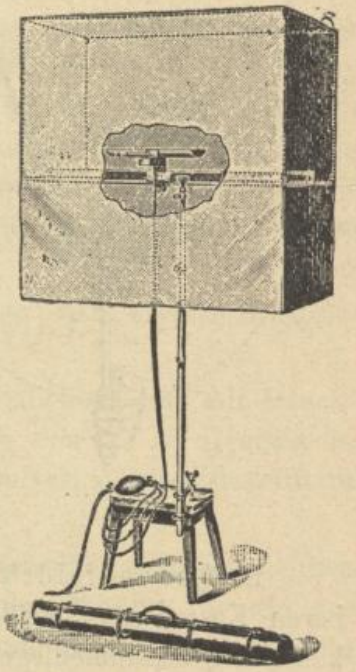


Fig. 374. Rauchfängerkasten.

beiden Enden des Zünders wieder vereinigen, noch umsponnen bleibt, da sich die beiden Kupferdrähte nicht unumsponnen berühren dürfen. Nun biegt man die beiden blanken Enden des Zünders ca. 5 mm rechtwinklig um, steckt die dadurch entstandenen Haken in hierzu bestimmte Öffnungen und drückt Kontaktstifte in diese Öffnungen, so daß die Enden des Blitzlichtzünders innige metallische Verbindung erhalten. Die Zündpille muß so tief als möglich in den Beutel hineinragen, so daß das nunmehr einzuschüttende entsprechende Quantum Blitzlichtpulver mit der Zündpille in Berührung kommt. Sodann hängt man den Apparat bei Benutzung einer Blitzlichthülle mit seiner oberen Öse an den an einer Stange befindlichen Haken. Im Falle die Rauchentwicklung nicht störend empfunden wird, so daß ohne Blitzlichthülle gearbeitet wird, kann man

den Apparat an jeden beliebig geeigneten Platz aufhängen oder auch in der Hand haltend betätigen. Bei Verwendung der Blitzlichthülle wird nun der Rauchsack geschlossen und die Anschlußstöpsel in zwei untere Öffnungen gesteckt. Sodann verbindet man die Dauerbatterie mit den in der Nähe des Druckknopfes befindlichen zwei Kontaktstöpseln durch Eindrücken derselben in die aus der Batterie herausragenden zwei Ösen und kann nunmehr durch Druck auf den Druckknopf im geeigneten Moment das Pulver zur Entzündung gebracht werden.

Auch Friedr. Schroeder in Brandenburg bringt eine Magnesiumblitzlichtlampe in den Handel, bei welcher unmittelbar nach dem Abbrennen des Blitzlichtes ein viereckiger Sack pneumatisch ausgelöst wird, herabfällt und den Rauch fängt. Fig. 376 zeigt diese Vorrichtung (Phot. Chronik 1903, S. 94).

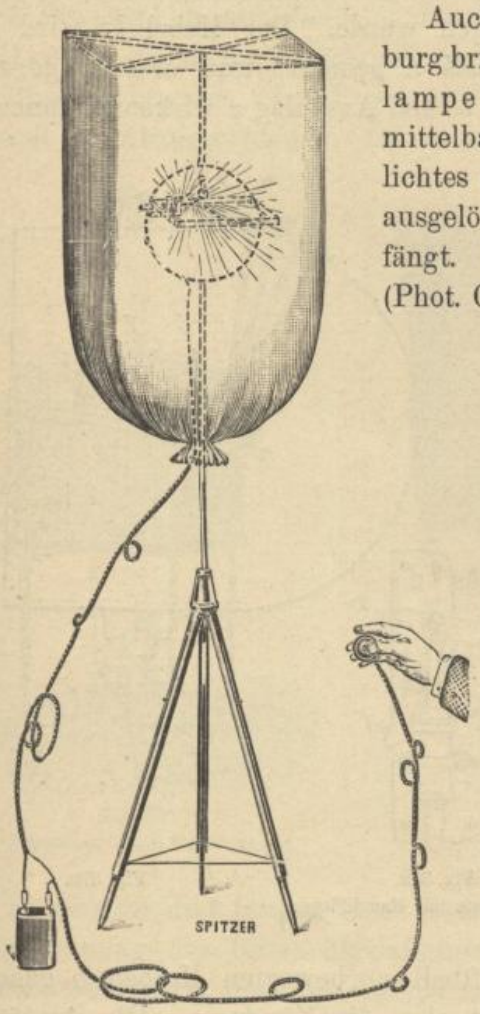


Fig. 375. Blitzlichtapparat mit Rauchsack.

Fig. 376. Blitzlichtapparat mit Sack.

Alexandre entzündet das Blitzlicht in einer Art Blasbalg aus geräumiger, gefalteter, transparenter, gefirnißter Leinwand (Fig. 377). Zur Zündung dient etwas Schießbaumwolle. Der Rauch wird in der Stofflaterne zurückgehalten; diese wird ins Freie getragen und der Rauch durch Zusammenfalten entfernt. Der Apparat ist seit längerer Zeit in Verwendung (Photo-Gazette 1903, S. 82; Eders Jahrb. f. Phot. 1903, S. 396).

Charles Klary in Paris erhielt ein Patent in Kl. 57, Nr. 114925 vom 26. April 1898 auf einen Blitzlichtapparat mit Rauchfänger

(Fig. 378 und 379), bei dem die Zündung und die Auslösung des sich selbsttätig schließenden Rauchfängers durch eine gemeinsame Auslösung bewirkt werden. Zur Zündung dienen auf Zündpillen niederfallende, in den Figuren nicht sichtbare Hämmer. Dieselben sitzen auf der Achse a des Hebels lf, der unter Federspannung steht und das Bestreben hat, sich entgegengesetzt dem Uhrzeiger zu drehen, wodurch er die Hämmer zum Niederfallen bringen würde. Der Hebel lf wird aber durch den Anschlag x des Hebels n gesperrt und erst freigegeben, wenn der Hebel n durch den auf seinen Anschlag z wirkenden pneuma-

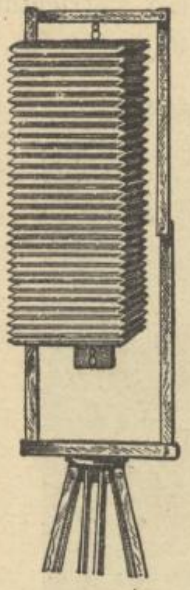


Fig. 377.

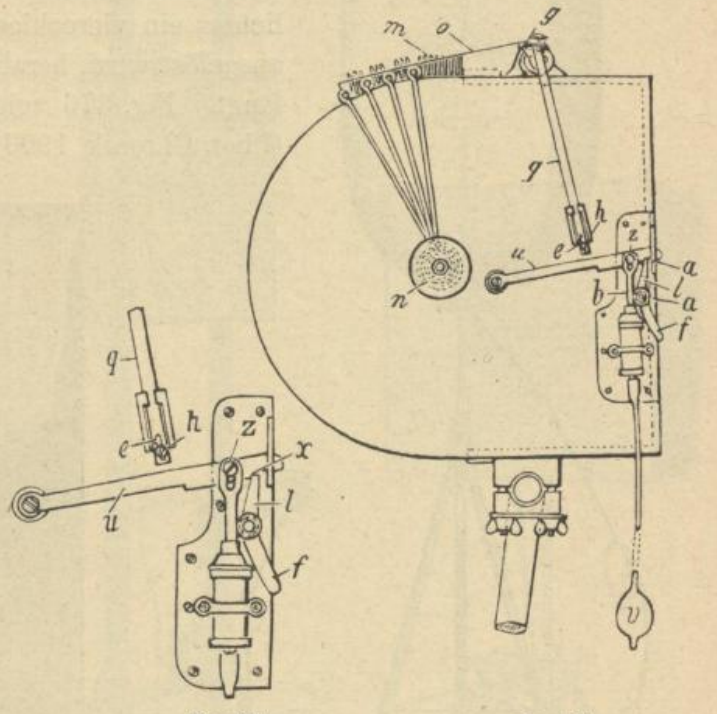


Fig. 378.

Fig. 379.

Blitzlichtapparate mit Rauchfänger.

tisch (durch Druck auf den Luftball v) bewegten Kolben b gehoben wird. Der Druck auf v bewirkt also die Zündung. Die Auslösung des Rauchfängers m bewirkt er ebenfalls, und zwar auf folgende Weise. Der Rauchfänger ist ein Faltvorhang, der unter Wirkung der Feder n steht. Er wird vermöge der Kette o bei g durch eine Sperrung gehalten, die durch Aufwärtsbewegung der Stange q gelöst werden kann. Die zur Auslösung nötige Aufwärtsbewegung der Stange q wird nun dadurch bewirkt, daß der Hebel n gegen einen Anschlag h der Stange q stößt. Dieser Anschlag ist in dem Spalt e der Stange q verschiebbar und einstellbar, so daß man die zwischen Zündung und Niederfallen des Rauchfängers verfließende Zeit beliebig verändern und dadurch, da

der Rauchfänger undurchsichtig ist, die Belichtungsdauer regeln kann (Phot. Chronik 1901, S. 177).

Der Salon-Blitzlichtapparat „Foco" von Louis Lang (E. Wünsches Nachf.) in Dresden besteht gleichfalls aus einem sackartigen Rauchfänger (Fig. 380), unter welchem das Blitzlicht abgebrannt wird; der Rauch steigt empor und der rasch hinaufgeschobene Boden des Apparates schließt ihn ziemlich rauchdicht, so daß er ins Freie getragen werden kann.

Der Weißsche[1]) Blitzlichtapparat, welcher von Voltz & Weiß in Straßburg i. E. in den Handel gebracht wird, besitzt einen Rauchsack, eventuell mit Abzugsschlauch. Der über das Blitzlichtgemisch gespannte

Fig. 380.
Blitzlichtapparat mit Rauchfänger.

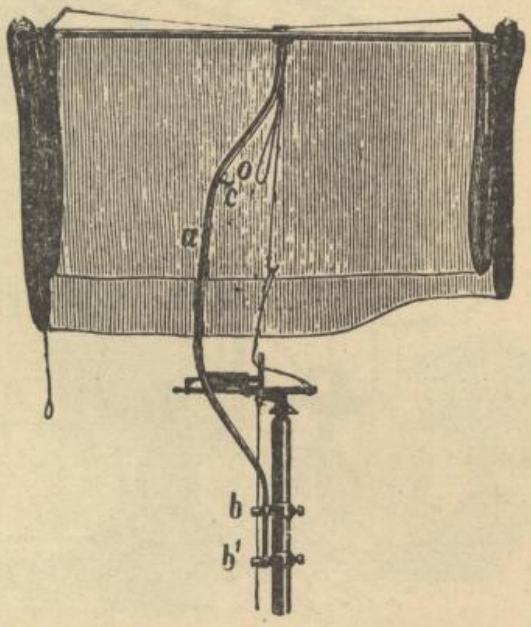


Fig. 381. Weißsche Lampe mit Rauchfänger.

Sack ist gefaltet und mittels eines Seidenfadens gehalten; im Momente der Entzündung des Blitzlichtgemisches brennt der Seidenfaden durch und der Sack stürzt über die Lampe herunter, fängt den Rauch, wird schnell mittels eines Zuges zugeschnürt und ins Freie getragen.

Fig. 381 zeigt die Einrichtung des sackartigen Rauchfängers, in dessen Innern eine schleifenförmige Schnur *o* hängt, die mit einer Hakenschnur verbunden ist; diese Schnüre laufen durch die Mitte des Rauchfangs nach außen und sind mit zwei federnden Hebeln verknüpft. Wird nun die schleifenförmige Schnur nach unten gezogen und in das an der Trägerstange festgelötete Häkchen *c* vorläufig eingehängt, so bleiben die beiden Hebel wagerecht stehen. Den unteren Reif des

1) Deutsche Photogr.-Zeitung 1900, S. 126.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Rauchsackes legt man dann auf diese Hebel, und zwar so, daß der Stoff innen und außen glatt herunterhängt. Ein Seidenfaden wird durch die Rückwand der Lampe gezogen, vorne an der Messinghülse eingehängt und mit dem andern Ende in die angezogene Hakenschnur befestigt. Jetzt wird der Sack nur durch den Seidenfaden in die Höhe gehalten. Beim Abbrennen des Blitzes wird der Seidenfaden durchgebrannt und der Sack stürzt herunter und wird zugeschnürt[1]).

In dem Zeitraum von 1894 bis 1900 begann von mehreren Photographen die Einführung spezieller Blitzlichtateliers in die Praxis. In diesen gelangt der entwickelte Rauch des Blitzlichtes nicht in den Auf-

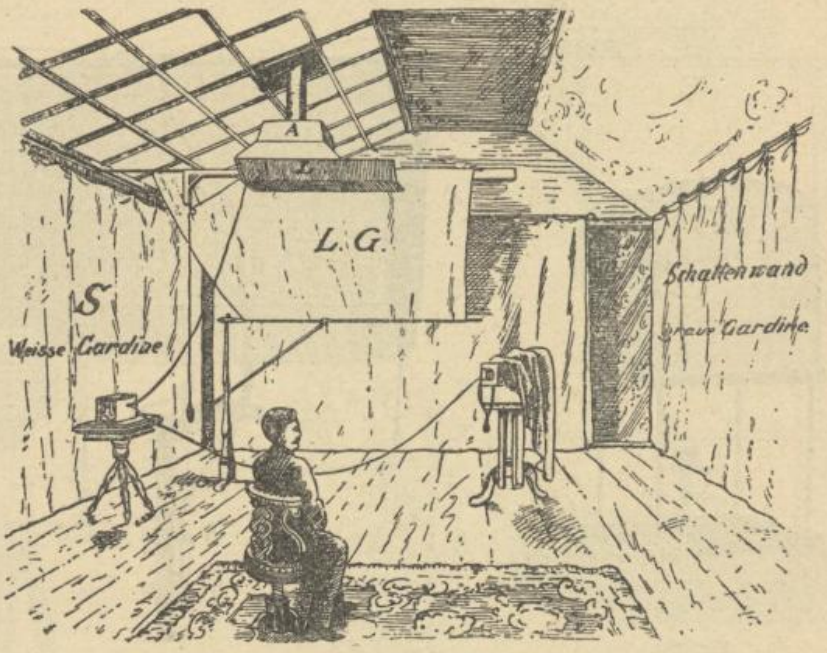


Fig. 382. J. Kösts Blitzlichtatelier.

nahmeraum, sondern er wird ins Freie geleitet. Elektrische Zündung gestattet das Abblitzen mehrerer Lampen; Diffusoren macht das Licht weich.

J. Köst in Frankfurt a. M. konstruierte 1894 ein Magnesiumblitzlicht-Atelier, welches aus einem laubenartigen, vorn offenen, an den anderen Seiten und dem Dach rings mit Mattglas verglastem Raume von etwa quadratischem Grundriß und $2^1/_2$ bis 3 m Seitenlänge besteht. Dieses Glashäuschen kann in irgend einem Innenraume aufgestellt werden. An einer Seitenwand und auf dem Dach sind außen nahe der Verglasung eine Anzahl (5 bis 6)- Magnesiumlampen angeordnet, welche passend verteilt sind, um ein gutes normales Seiten- und Oberlicht zu geben. Die Lampen bestehen aus einem Vorratsraum, welcher zur

1) Schnauß, Die Blitzlichtphotographie, 1902, S. 128.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Aufnahme der Magnesiumpatronen dient, und einer Vorrichtung, welche deren Entzündung durch einen Schlagstift und eine zündhutartige Einrichtung bewirkt. Die Patronen sind parallelepipedische Messingklötzchen, welche im Magazin aufeinander geschichtet liegen und in einen zylindrischen Bohrung das Blitzlichtpulver enthalten. Sämtliche Lampen sind durch Schnurläufe so in Verbindung mit einer Welle gebracht, daß durch Drehen derselben alle Schlagstifte gespannt und in jede eine frische Patrone vor den Stift gleitet. Zur Beleuchtung des Modells zwecks Einstellung dient eine Gasflamme, welche oberhalb seitlich angebracht ist (Photogr. Chronik 1894, S. 218).

Fig. 382 zeigt die Einrichtung eines nach diesen Prinzipien konstruierten Köstschen Blitzlichtateliers[1]). Innen befindet sich ein Tunnel aus Mattglas, um den ein zweiter Tunnel fast parallel mit dem ersteren gelegen ist. Dieser erste Tunnel hat blendend weiße, nach innen reflektierende Flächen. Die Dimensionen des Tunnels seitlich und in der Höhe erweitern sich nach hinten zu, also nach dem Ende, wo die Hintergründe ihren Platz finden, gegenüber dem Apparate, und bewirken durch diese divergierende Stellung eine größtmögliche Ersparnis an Licht.

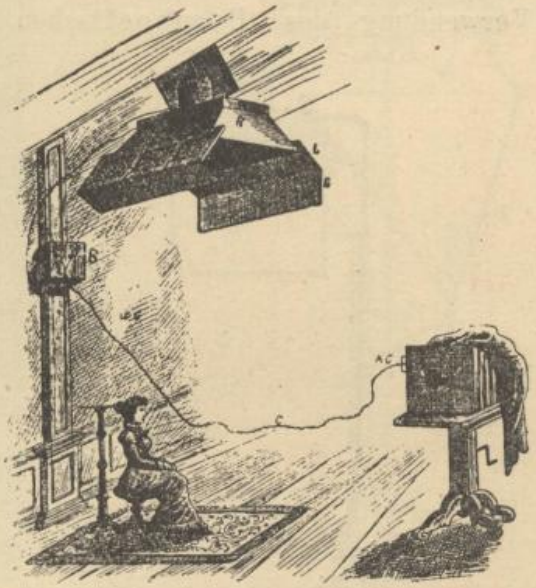


Fig. 383. Bernhoefts Apparat.

Das Blitzlichtatelier des Photographen Ch. Bernhoeft in Luxemburg[2]), welches auf der Weltausstellung in Paris 1900 im Betriebe zu sehen war, war mehrfach patentiert; in Deutschland war es unter Musterschutz 124376 und 138179. Auch bei ihm erfolgte die Zündung elektrisch und der Rauch fand ins Freie einen Abzug.

Der Bernhoeftsche Apparat[3]) (Fig. 383) besteht aus einer Blitzlichtlampe R, die sich im Innern eines Rauchfanges befindet, dessen untere Öffnung 80×100 cm ist. Dieser Rauchfang wirkt gleichzeitig als Reflektor. Die Lampe ist vom Abzugsrohr durch ein horizontales Sieb

1) Deutsche Phot.-Zeitung 1900, S. 545, 555 und 736.
2) Deutsche Photogr.-Zeitung 1900, S. 40.
3) Schnauß, Die Blitzlichtphotographie, 1902, S. 125.

getrennt; dieses wird durch die Hitze des abbrennenden Blitzlichtes ebenso wie der darüber liegende hohle Raum stark erwärmt, wodurch ein starker Luftzug im Schornstein, in den die Lampe mündet, entsteht. Das Rohr geht nämlich in einen Kamin oder ins Freie. Das im Rauchfang erzeugte Licht wird von einem an seiner Decke befindlichen Spiegel auf ein weißes Gardinensystem reflektiert und kommt erst von da, als indirekte Beleuchtung auf das Modell. Graue Gardinen gestatten die Dämpfung des Lichtes. Um das Einstellen zu erleichtern, wird eine Hilfslampe als Einstellichtquelle verwendet.

Pierre Petit fils beschreibt in seinem Werke „La photographie simplifiée et la lumière artificielle“ (Paris, Gauthier-Villars, 1903) die Verwendung des Bernhoeftschen Magnesiumblitzlichtapparates zu

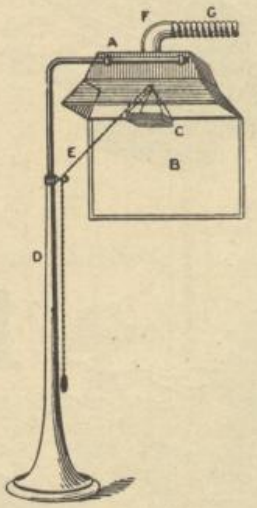


Fig. 384.

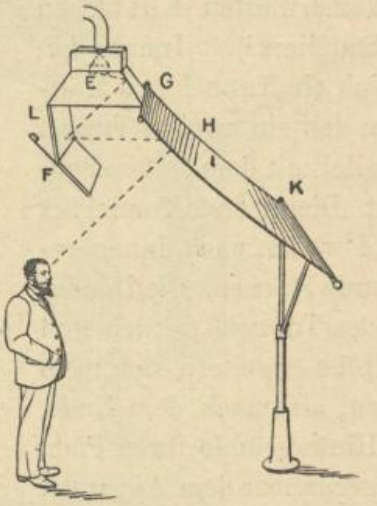


Fig. 385.

Bernhoefts Magnesiumbeleuchtungsapparat mit Rauchabzug.

photographischen Aufnahmen und benutzt hierzu nachstehend illustrierte Konstruktionen: Fig. 384 zeigt die Petitsche Magnesiumlampe auf Ständer (*D*) mit Rauchabzug (*FG*); *C* ist der Behälter, in dem das Magnesiumblitzlichtpulver abgebrannt wird. *B* ist eine Klappe, welche als Reflektor dient. Petit legt Wert darauf, daß die von der Magnesiumlichtquelle kommenden Strahlen durch Reflektoren (*L* und *HK* in Fig. 385 zerstreut werden, und das direkte Licht durch Schirme (*F*) von dem Modell abgehalten wird (Eders Jahrb. f. Phot. 1904, S. 318).

Einen Apparat für Magnesiumblitzlicht im Porträtatelier mit Rauchabzügen brachte die Firma Poulenc Frères in Paris in den Handel. Der Apparat war in der Pariser Weltausstellung (1900) zu sehen und patentiert. Das Magnesiumblitzlicht ist in einem Glaskasten (Fig. 386) untergebracht, und ein beweglicher Balgen vermittelt den Rauchabzug in den Schornstein (Eders Jahrb. f. Phot. 1903, S. 394).

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Friedrich Sperling in Berlin erhielt unter Nr. 129971 ein D. R.-P. vom 16. Februar 1900 auf einen Blitzlichtapparat zur Erzeugung indirekten Lichtes. Dieser Apparat besitzt einen mit Rauchabzug *m* (Fig. 387) versehenen, nach unten offenen Reflektorkasten *b*, in dessen Innerem die Lampe *a* aufgehängt ist. Unterhalb des Rauchabzuges ist eine als Reflektor wirkende Siebplatte *h* angeordnet, und ein an der Hinterwand *c* des Reflektorkastens angelenkter Reflektor *e* ist derart mit der Lampe verbunden, daß er bei herabgelassener Lampe

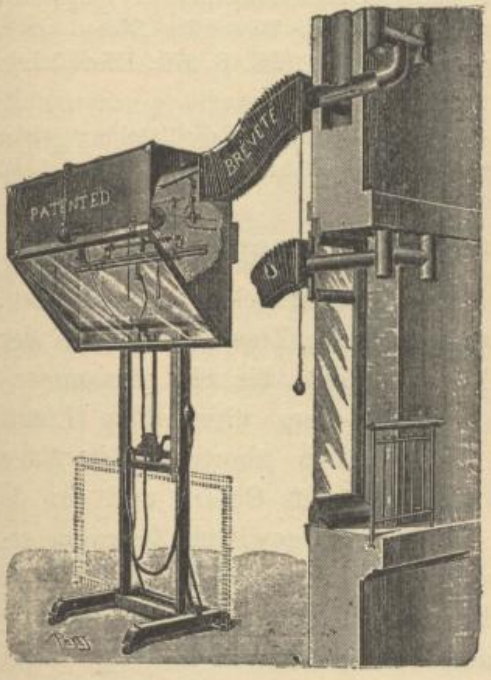


Fig. 386. Poulencs Apparat.

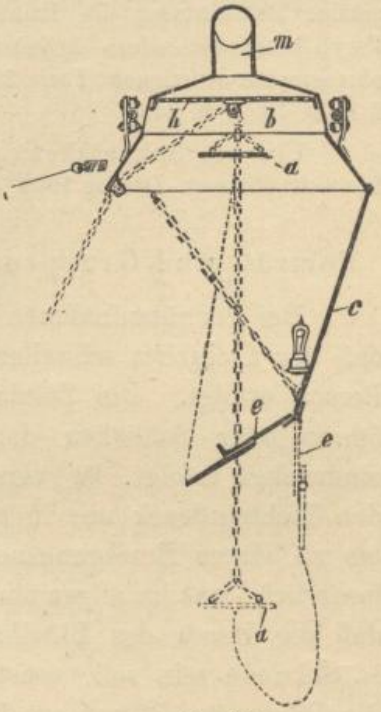


Fig. 387.
Sperlings Apparat mit Rauchabzug.

frei herunter-, bei hochgezogener Lampe dagegen annähernd horizontal mitten unter der Lampe hängt (Phot. Chron. 1902, S. 411).

Bei anderen Konstruktionen ähnlicher Art schließt sich der Rauchfänger in Trommelform an. Es ist überflüssig, auf alle diese Abarten einzugehen.

Kombiniertes Magnesiumblitz- und Tageslicht.

Bereits im Jahre 1891 hatte E. Hackh in Stuttgart große Porträts bei gemeinschaftlicher Wirkung von Magnesium- und Tageslicht aufgenommen und in Wien und Berlin ausgestellt. Hierbei war das Magnesiumblitzlicht zumeist das dominierende Licht, das Tageslicht war schwächer und gab die Schattenseite Auch Voigt, sowie Riedel u. a. arbeiteten mit Erfolg in dieser Richtung (Phot. Korresp. 1893, S. 114).

Hackh demonstrierte an der k. k. Graphischen Lehr- und Versuchsanstalt in Wien (Oktober 1893) eine sehr sinnreiche praktische Vorrichtung, um pneumatisch

(mit einem Gummiballon) den Momentverschluß der Kamera und unmittelbar darnach den Magnesiumblitz auszulösen. Die Zündung bei letzterem ist entweder elektrisch (Glühendwerden eines Drahtes oder Induktionsfunkens) oder pneumatisch (ein Stift schlägt auf eine Zündkapsel, welche das Blitzlichtpulver entzündet). (Eders Jahrb. f. Phot. 1894, S. 336.)

Manche Berufs-, sowie Amateurphotographen, z. B. C. Puyo, welcher sehr hübsche künstlerische Porträtstudien wiederholt ausstellte, arbeiten mit kombiniertem Tages- und Magnesiumblitzlicht; das künstliche Licht kann entweder eine untergeordnete Rolle oder die Hauptrolle spielen. Puyo beleuchtet mit Seitenlicht nahezu horizontal, zerstreut das Licht und schafft eine kontrastlose, flache, gleichmäßige Beleuchtung; die Lichter werden mittels Magnesiumblitzlicht aufgesetzt. Puyo beschreibt seinen Arbeitsmodus detailliert in seiner Broschüre „Notes sur la photographie artistique“ (Paris 1895; Auszug in „Apollo“ 1896, S 370; Eders Jahrb. f. Phot. 1897, S. 346.)

Über F. Schaetzkes „Universal-Tageslicht- und Blitzlichtatelier“ siehe Deutsche Photogr.-Zeitung 1900, S. 143, mit Figur (Eders Jahrb. f. Phot 1901, S 574).

Porträt- und Gruppenaufnahmen bei Magnesiumblitzlicht.

Bei Porträtaufnahmen soll das Magnesiumblitzlicht so kurz dauern, daß der Lichtblitz schneller vorübergeht, als ein Zusammenzucken der Person erfolgt. Die Zeitdauer, welche verfließt, bis ein Zusammenfahren oder Schließen der Augen zufolge eines blendenden Lichteindruckes erfolgt, ist verschieden. Bekanntlich überträgt das Auge den Lichteindruck nur in einer gewissen Zeit aufs Gehirn und von da bis zu einem Bewegungsnerven ist wieder ein gewisser Zeitraum erforderlich, was im allgemeinen $^1/_5$ bis $^1/_{13}$ Sekunde beträgt. Daraus folgt, daß die Dauer des Blitzlichtes nicht wesentlich länger als ungefähr $^1/_5$ Sekunde sein soll, sonst erscheinen die Aufnahmen bewegt Liegt die Dauer des Blitzes an der Grenze der Zulässigkeit, so kommt es vor, daß auf der Photographie die Augendeckel der Personen geschlossen erscheinen.

Über den Vorgang bei Blitzlichtaufnahmen sei noch folgendes erwähnt:

Will man bei Nacht in einem Zimmer eine Blitzlichtaufnahme machen, so stelle man zuerst wie bei jeder gewöhnlichen Aufnahme scharf ein, wozu man sich einer Lampe oder Kerze bedient. Ist dies geschehen, so beseitigt man alles fremde Licht, welches direkt ins Objektiv scheinen könnte, und läßt nur seitlich oder hinter der Kamera eine Lampe brennen, damit die Augen des Modells keine unnatürliche Erweiterung der Pupille erleiden, was im Dunklen stets geschieht; auch erschreckt der „Blitz“ das Modell in einem hellen Zimmer weniger als in völliger Finsternis; dann setzt man die Kassette ein und öffnet den Schieber derselben sowie den Deckel des Objektives. Hinter oder neben

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

dem Apparate entzündet man dann in oben beschriebener Weise das Pulver im Magnesium-Blitzlichtapparat.

Über die Art und Weise, wie man gut beleuchtete und modulierte Magnesium-Blitzlichtphotographien erhält, kann man ebensowenig eine bestimmte, allgemein gültige Regel aufstellen, als bei der Photographie bei Tageslicht.

Im allgemeinen kann man sagen, daß eine einzige grelle Lichtquelle eine härtere Beleuchtung gibt, als mehrere verteilte kleine Flammen (s. S. 525). Entsprechend große Schirme von Seidenpapier oder dünner, nasser, transparenter Leinwand (1 bis 2 Quadratmeter) geben eine weichere Beleuchtung, verschlucken aber beiläufig $^1/_5$ bis $^1/_2$ des Lichtes. Sind die Schattenpartien zu schwarz, so bringt man an dieser Seite einen großen weißen Reflektorschirm an.

Man kann z. B. gute Resultate mit einer Lampe erzielen, wenn

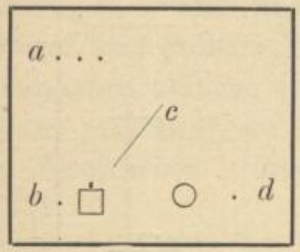


Fig. 388.

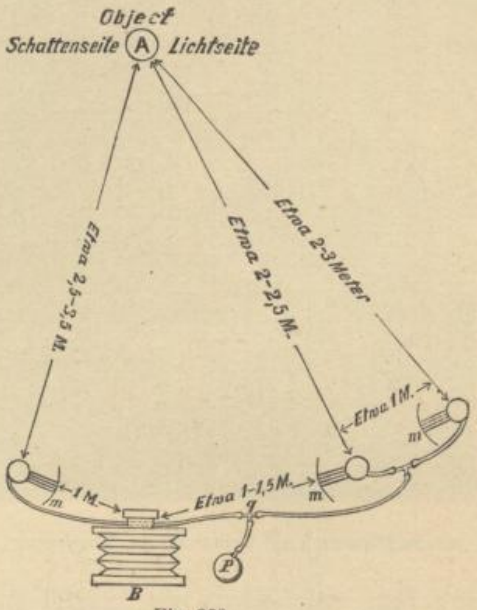


Fig. 389.

Anordnung beim Aufnehmen mit Blitzlicht.

man die Lampe entsprechend höher als die Kamera stellt und einen Seidenpapierschirm vor die Lampe stellt. Diese Anordnung ist z. B. in Fig. 388 dargestellt: *a* ist das aufzunehmende Objekt (Personen usw.), *b* die Kamera, *c* der Papierschirm, *d* der Blitzlichtapparat.

Man beachte, daß in der unmittelbaren Nähe des Blitzlichtapparates kein Vorhang oder dergleichen leicht entzündliche Gegenstände sich befinden dürfen, und ebenso schütze man den Fußboden vor eventuell herabfallenden glühenden Magnesiumteilchen.

Fig. 389 zeigt die von Schirm benutzte Anordnung mit drei Lampen, wobei *mmm* die Lampen, *B* die Kamera, *P* den Kautschukballon für die Blitzlampen darstellen[1]).

Bei der Aufnahme in geräumigen Zimmern, in welchen Gruppen von mehreren Personen aufzunehmen sind, braucht man in der Regel

1) Vgl. Schirm (in Eders Jahrb. f. Phot. 1891, S. 249).

mehrere Lampen, welche man auf der einen Seite anordnet. Sollten sich zu schwere (dunkle) Schatten auf der entgegengesetzten Seite zeigen, so kann man gleichzeitig eine Lampe an dieser Seite abbrennen, muß aber Sorge tragen, daß keine störende falsche Beleuchtung entsteht.

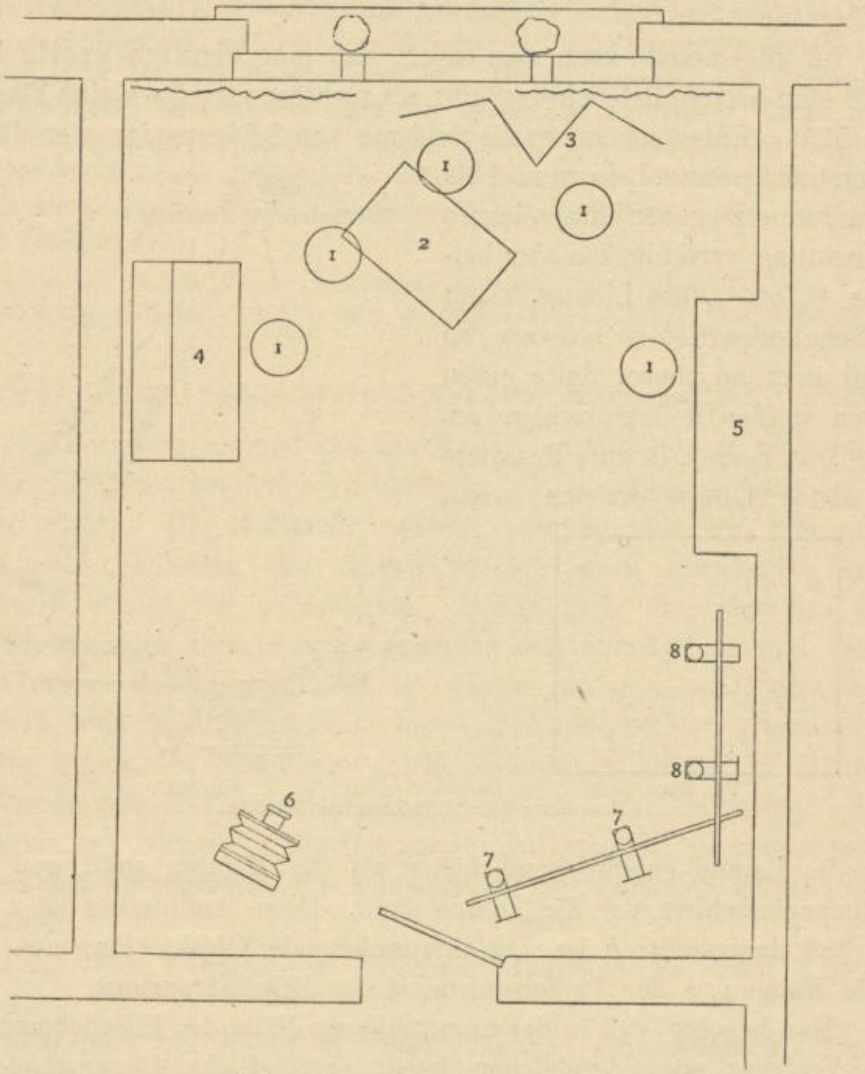


Fig. 390. Gruppenaufnahmen mit Blitzlicht.

Van Delden in Breslen stellte im Herbst 1889 Maskenballphotographien bei Magnesiumblitzlicht her, wobei er acht Schirmsche Lampen verwendete und einen Gesamtverbrauch von 0,12 g Magnesium pro Aufnahme hatte. — C. C. Schirm errichtete Ende 1889 in Berlin ein Atelier, in welchem ausschließlich mit Magnesiumblitzlicht gearbeitet wird. Als Atelier dient ein durch ein Fenster erhelltes geräumiges Zimmer. Als Lampen dienen mehrere Blitzlichtlampen (bis 20 Stück).

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Eine gute Anordnung von vier Blitzlichtlampen zeigt Fig. 391 (nach Slingsby[1]). Auf der Schattenseite ist ein weißer Reflektor aufgestellt, welcher die Schatten im Porträt aufhellt. Selbstverständlich sind alle vier Lampen auf einmal abzubrennen.

Fig. 391. Anordnung von Blitzlicht für Porträtaufnahmen.

Hackh gab dem weißen Reflektor seiner Lampe eine eiförmige Gestalt, mit einem vorderen Durchmesser von etwa $1^1/_2$ m. Auch andere weiße Reflektoren und Schirme werden zur Lichtverteilung benutzt[2]).

Diese älteren, einfachen Vorrichtungen wurden durch vielseitiger verwendbare Beleuchtungsvorrichtungen und Diffusoren verbessert, welche vorhin beschrieben wurden (s. S. 434).

Als Anordnung des Magnesium-Blitzlichtapparates und der Reflektoren von Gust. Krebs in Offenbach a. M. wird die in Fig. 392 skizzierte Aufstellung empfohlen. In dieser Figur bedeutet: *a* Gruppe; *b* Blitzlicht, 2 bis 2,5 m hoch; *c* Kamera; *d* Pappdeckel, zum Schutze für das Objektiv; *e* Schirm mit Pauspapier; *f* Schirm, als Reflektor dienend; *g* Lampe zum Erhellen der Schatten, $^1/_2$ bis 1 m hoch (nicht unbedingt nötig); *h* Hintergrund, 1 m von der Gruppe entfernt (Eders Jahrb. f. Phot. 1904, S. 315).

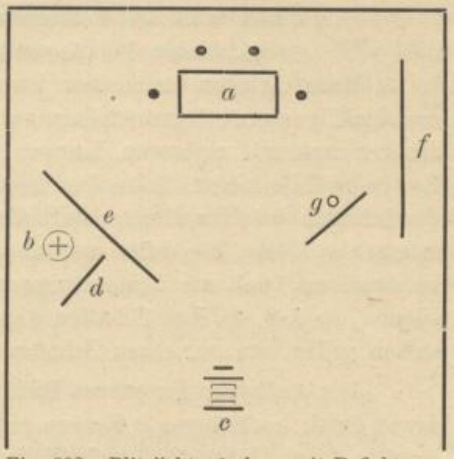


Fig. 392. Blitzlichtaufnahme mit Reflektoren.

Große Gruppen sind mit einer einzigen punktförmigen Lichtquelle

1) R. Slingsby, Practical Flash Light Photography, 1890.
2) Näheres s. Mercator a. a. O.

kaum zu photographieren. Man muß die Wirkung der Lichtquelle als Ober-, Vorder- und Seitenlicht kennen und eventuell mehrere Lichtquellen mit gleichzeitiger Zündung aufstellen. Schematisch ist die Sache in Fig. 393 dargestellt[1]). Die Linie AB repräsentiert die Länge der aufgestellten Gruppe, $L\,L\,L\,L_1\,L_1$ die Lampen für das Obervorderlicht, ff einen gebogenen transparenten Schirm zur gleichmäßigen Lichtverteilung. CD zeigt die notwendige Linie für die zur gleichmäßigen Lichtwirkung vorteilhaften Aufstellung der Gruppe. Reflektorschirme hellen die Schattenseite auf.

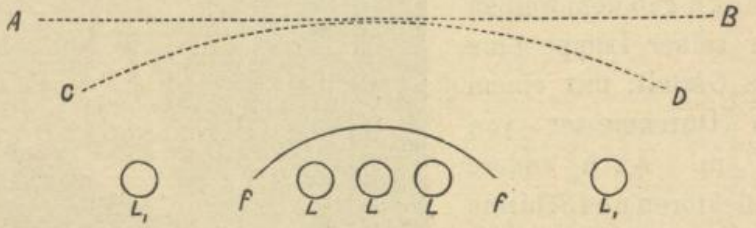


Fig. 393. Gruppenaufnahmen mit Blitzlicht.

Visbeck gibt folgende kurze Vorschriften für Blitzlichtaufnahmen:

Die zu photographierenden Personen sollen nie direkt in die eigentliche Lichtquelle (das Licht der Blitzlampe) hineinsehen; beim Arrangement von Gruppen achte man darauf, daß die Schlagschatten der einen Person nicht das Gesicht einer hinter derselben befindlichen Person teilweise verdunkeln können.

Die Blitzlichtlampe wird etwa 2 bis $2^1/_2$ m von dem aufzunehmenden Objekte seitlich neben die Kamera so aufgestellt, daß:

1. kein Licht in das Objektiv fallen kann;
2. die Schatten der zu photographierenden Personen nach unten fallen, d. i. die Lampe höher steht als der Kopf derselben;
3. bei Gruppen alle Personen möglichst gleichmäßig beleuchtet werden. Man wird bei Verwendung einer Lampe dieselbe zweckmäßig dicht an resp. hinter den Apparat stellen.

Beim Arbeiten mit einer Lampe bringt man auf die entgegengesetzte Seite zweckmäßig einen Gegenreflektor an in Form einer hängenden weißen Decke usw.; arbeitet man mit mehreren Lampen, so stellt man bei zwei Lampen die zweite Lampe auf die andere Seite des Apparates weiter zurück, da diese in der Haupsache die Schatten des Hauptlichtes aufhellen soll; bei drei Lampen stellt man zwei zusammen auf eine, die dritte auf die andere Seite, alle in gleicher Linie. Dabei ist zu beachten, daß die beiden zusammenstehenden Lampen weit auseinander stehen können, so daß sie ihre Schatten gegenseitig aufhellen, oder ganz dicht zusammenstehen sollen, um nur einen Schatten zu geben.

Das Aufhellen der ganzen Bildfläche durch Nebenlampen (Gas- oder Petroleum-), sowie durch hochhängende Kronen (oder Bogenlampen) ist sehr empfehlenswert. Man beachte dabei, daß seitlich befindliche Lampen nicht mit auf das Bild gelangen, ferner

---

1) Mercator, Die Verwendung künstlicher Lichtquellen in der Photographie, 1898, Halle a. S.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

daß die von diesen gebildeten Schlagschatten durch die Hauptlichtquellen (auch durch gegenseitiges Arrangement der rechts und links stehenden Nebenlampen) aufgehoben werden, sowie daß die Schlagschatten der Hauptlichtquellen möglichst gemildert werden.

Den Hintergrund läßt man bei Gruppenaufnahmen möglichst so weit hinter der Gruppe, damit er keine Schlagschatten auffangen kann; die Farbe desselben sei möglichst hell.

Ist man gezwungen, dichter an eine Wand heranzugehen, so kann man die Schatten mildern, wenn man helle dünne Gardinen zwischen Gruppe und Wand bringt, oder hinter die Gruppe einige hellbrennende Petroleumlampen stellt, welche durch erstere verdeckt werden.

Sehr sorgsam ausgearbeitete Arbeitsvorschriften für die Magnesiumblitzlichtpräparate „Tip-Top" von der photochemischen Fabrik Seib in Wien (IX, Liechtensteinstr. 20) gibt Franz Pettauer in seiner Broschüre „Das Magnesiumkunstlicht in der Photographie".

Die zu einer Aufnahme durchschnittlich notwendige Menge von Blitzlichtpulver in 1 m Abstand bei Verwendung eines Objektivs mit einer wirksamen Öffnung oder Abblendung *f*/9 berechnet Pettauer zu 0,2 g Blitzlichtpulver, unter günstigen Verhältnissen kann die anzuwendende Menge des Tip-Top-Blitzlichtpulvers bis auf ein Viertel der bisher angegebenen reduziert werden. Da die Helligkeit des Lichtes mit dem Quadrat der Entfernung abnimmt und die Lichtabnahme der Abblendung im Verhältnis zur Quadratzahl der wirksamen Öffnung des Objektivs steht, so lassen sich auf dieser Grundlage Schätzungen der erforderlichen Blitzlichtpulvermenge berechnen.

Hans Schmidt stellt als Norm auf, daß man von gutem Blitzpulver ungefähr $1^1/_2$ g zur Verbrennung bringen muß, um bei einer Entfernung der Lichtquelle von 2 m und bei der Blende *f*/12,5 auf einer hochempfindlichen Trockenplatte ein gut durchgearbeitetes Negativ bei normaler Entwicklung zu erhalten (Eders Jahrb. f. Phot. 1911, S. 23).

C. F. W. Sage, der mehrfach in Theatern große Gruppenaufnahmen mittels Blitzlichtes gemacht hat, teilt in Photography 1903, S. 227, seine hierbei gesammelten Erfahrungen mit. Die Kamera steht in der Mitte des Zuschauerraumes. Die Blitzlichtlampe muß möglichst hoch stehen. Sie findet deshalb auf zwei miteinander verbundenen Leitern in Höhe von 8 m Platz. Die Leitern stehen in einer Entfernung von etwa 2 m rechts neben der Kamera und 2 m hinter derselben. Hinter der Leiter hängt ein großer Projektionsschirm von der Decke herunter, der als Reflektierschirm dient. Zur Aufnahme einer Gruppe von etwa 45 Personen wurden 45 g Blitzpulver „Bayer" (d. i. Magnesium und Mangansuperoxyd) abgebrannt, die trotz der starken Abblendung des Objektivs (auf *f*/22) ein vollkommen durchgearbeitetes Negativ ergaben (Eders Jahrb. f. Phot. 1904, S. 314).

Interieur-Aufnahmen.

Bei dunklen Interieurs dient das Magnesiumblitzlicht sowohl zur Hilfsbeleuchtung, als zur ausschließlichen Beleuchtung der Räume. Im ersteren Falle exponiert man dunkle Ecken, Maschinenräume usw. teilweise bei dem vorhandenen (eventuell ungenügenden) Tageslichte aus

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

und erhellt dann die dunkeln Schatten durch einen mehr oder weniger starken „Magnesiumblitz“[1]).

Die scharfe Einstellung des Bildes in Höhlen und großen Räumen bietet bei Kerzenlicht Schwierigkeiten, weil das Bild auf der Visierscheibe schwer wahrzunehmen ist. Müller benutzte bei seinen Aufnahmen von Tropfsteinhöhlen folgende Vorrichtung[2]), welche sehr empfehlenswert ist. Man nimmt aus einer viereckigen Laterne eine der vier Glasscheiben heraus und ersetzt sie durch eine dünne Milchglasscheibe, auf welcher mittels Schmelzfarbe eine Reihe konzentrischer Kreise eingebrannt ist (s. Fig. 394) oder man klebt ein transparentes mit Tusche bezeichnetes Papier auf. Wird nun das Licht der Laterne angezündet und die weiße Scheibe dem Apparate zugekehrt, so lassen sich die schwarzen Kreise mit Leichtigkeit scharf einstellen. Will man in ganz dunklen Räumen den Umfang des Bildes auf der matten Scheibe feststellen, so läßt man durch einen Gehilfen die Laterne nach den Seiten und nach oben und unten bewegen und merkt genau den Punkt, wo das Licht aus dem Gesichtsfeld verschwindet. — Um aber auch das Gesamtbild in seiner Wirkung zu beurteilen, so läßt man auf kurze Zeit eine Magnesiumfackel entzünden, wie solche von Schering in Berlin in den Handel gebracht werden.

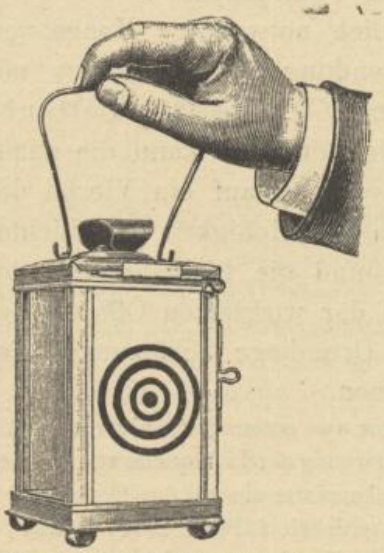


Fig. 394. Lampe zum Scharfeinstellen in finstern Räumen.

Fig. 395 zeigt die Reproduktion einer sehr gelungenen Aufnahme von Prof. Müller 1888 im Inneren einer großen Tropfsteinhöhle, welche nach dem auf Seite 547 beschriebenen Vorgange photographiert wurde.

In neuerer Zeit werden für Höhlen- und Interieurphotographien in der Regel Zeitlichtpatronen verwandt, sobald es sich nicht um lebende Staffage oder bewegte Szenen handelt. Zeitlichtpatronen brennen ruhiger ab.

Anwendung des Magnesiumblitzlichtes zu verschiedenen wissenschaftlichen Zwecken.

Das Magnesiumblitzlicht findet häufig Verwendung in der wissenschaftlichen Photographie, z. B. zur Aufnahme von besonderen Kaktus-

1) Ähnliches kann auch bei Porträtaufnahmen geschehen.

2) Die Hermannshöhle bei Rübeland, 1889. — Separat abgedruckt in Schwiers Verlag (Weimar).

blüten (Cereus triangularis) usw., welche sich nur in der Nacht öffnen (Grant, ferner Sachse[1]), von zarten anatomischen Präparaten (Challon); Köhler in Wien photographierte 1890 hiermit eine bei Nacht geborene Mißgeburt, welche nur 10 Minuten lang lebte, usw.

Fig. 395. Photographie einer Tropfsteinhöhle bei Magnesiumblitzlicht von Prof. Müller (1888).

Herr Miethe legte im Verein der Freunde der Photographie in Berlin (Photogr. Mitteilungen 1887, S. 178) eine mit Magnesiumblitzlicht aufgenommene lebensgroße Photographie eines im Dunkeln ab-

1) Eders Jahrb. f. Phot. 1892, S. 63.

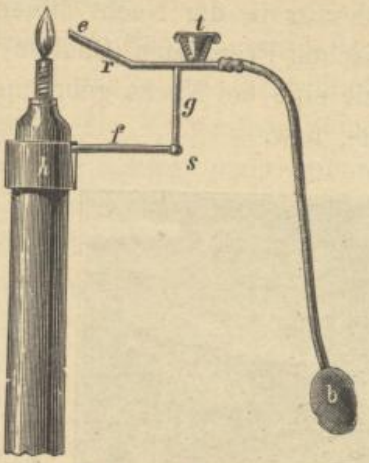


Fig. 396. Kleine Blitzlichtlampe.

geruhten menschlichen Auges vor. Ganz auffallend auf derselben war die außerordentliche Erweiterung der Pupille, deren Öffnung 10 mm betrug.

Am 2. März 1888 legte Prof. Cohn der medizinischen Sektion in Breslau gelungene Photographien von gesunden und kranken Augen vor (s. Eders Jahrb. f. Phot. 1889, S. 133).

Prof. Cohn bediente sich des in Fig. 396 abgebildeten Apparates. Das Rohr *r*, durch welches das Magnesium in die Flamme geblasen wird, hat etwa 6 mm Durchmesser und einen mit Klappen verschließbaren Trichter *t*, in welchen eine große Messerspitze Magnesium = 6 bis 7 cg eingeschüttet wird. Dies genügt für 3 bis 4 Aufnahmen. Das Rohr ist am Ende *c* etwas nach oben gebogen und kann durch einen an der Hülse *h* befestigten Träger *fg* mittels einer Schraube *s* in jede beliebige Stellung zur Flamme gebracht werden.

Fig. 397. Photographie einer normalen Pupille eines 22jährigen Studenten im Dunkeln.

Fig. 398.
Photographie einer granulösen Augenentzündung.

Mit dem Messingrohr steht ein Kautschukschlauch mit Ballon *b* in Verbindung, auf den man im Moment des Photographierens mit der Hand oder mit dem Fuße drückt.

Als Beleg, daß mit dieser Methode völlig ausexponierte scharfe Bilder erhalten werden, stellte Prof. Cohn zahlreiche Photographien des Auges her. Zwei derselben, die Pupille eines jungen Mannes im Finstern und die granulöse Augenentzündung, sind in Fig. 397 und 398 mittels Autotypie abgebildet.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

E. Cohen und D. Rombout[1]) stellten gelungene Photographien schwimmender Fische her, indem durch die gläserne Seitenwand des Bassins, worin sich die Fische befanden, Magnesiumblitzlicht einfiel.

Fig. 399 und 400 zeigen Proben dieser Aufnahmen. — Verschiedene andere Anwendungen des Magnesiumlichtes für wissenschaftliche Zwecke s. Wolf-Czapek „Angewandte Photographie in Wissenschaft und Technik" (Berlin 1911).

Das Magnesiumblitzlicht kann auch mit befriedigendem Erfolge zur Mikrophotographie verwendet werden, obschon der Verfasser hierfür elektrisches Licht, Drummondsches Licht, Auerlicht usw. vorzieht.

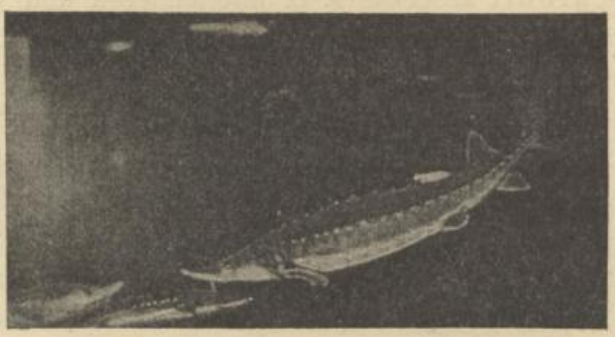


Fig. 399. Stör nach unten schwimmend (Accipenser sturio).

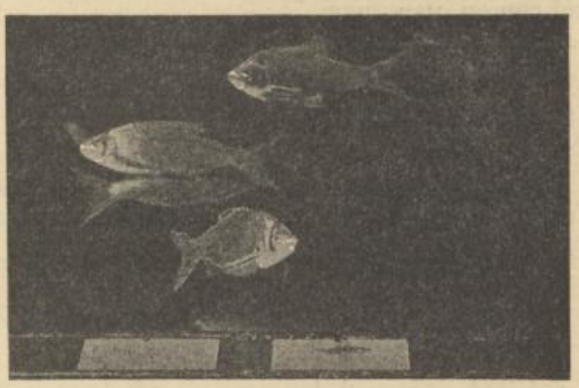


Fig. 400. Schwimmende Goldfische (Carassius auratus).

Verwendung des Magnesiumlichtes zum Kopieren.

Obschon die Verwendung des Magnesiumlichtes für die gewöhnlichen Kopierprozesse im allgemeinen zu kostspielig wäre, sollen dennoch einige Versuche in dieser Richtung erwähnt werden.

250 cm Magnesiumband, in einer Lampe mit Reflektor verbrannt, bringen auf einem gesilberten Albuminpapier die Kopie eines Negativs bei einer Entfernung von 9 cm hervor. Für die Erlangung einer ausexponierten Kopie nach demselben Negativ auf Bromsilbergelatineplatten mit Entwicklung genügt 1 cm Band, verbrannt ohne Reflektor, in 36 cm Entfernung (H. W. Vogel). 130 cm Magnesiumdraht gestatten die genügend lange Exposition von Chromatgummi, um darauf ein Einstaubbild herzustellen.

Croke fand, daß zum Kopieren auf Chromatgelatine (für Lichtdruck) bei einer Distanz von 3,6 m 0,15 g Magnesiumband genügen,

1) Eders Jahrb. f. Phot. 1890, S. 233. — Vgl. auch Köhler (Phot. Rundschau 1904, S. 31).

bei Pigmentpapier aber 2 g erforderlich sind (Phot. Korresp. 1890, S. 529). Schirm kopierte mit 100 Blitzen seiner Magnesiumblitzlichtlampe (Verbrauch 1 g Magnesiumpulver) Albuminbilder aus (Phot. Mitt. 1890, Bd. 27, Seite 196).

Viel geringer ist selbstverständlich der Verbrauch an Magnesium, wenn man das hiermit auf Chlor-, Brom- und Jodsilberschichten erzeugte photographische Bild hervorruft.

Magnesiumlicht wurde früher auch zum Kopieren von Glasdiapositiven auf unempfindliche Kollodium-[1]) oder Eiweißtrockenplatten benutzt. Carbutt arbeitete z. B. mit letzteren und verbrannte bei einer Distanz von 18 Zoll ungefähr $1^1/_2$ bis 6 Zoll Draht; er entwickelte mit Pyrogallussäure[2]).

Magnesiumlicht liefert auf Jodbromsilberpapier mit saurer Gallussäure-Entwicklung in $^1/_2$ Minute eine Vergrößerung von sechsfacher Ausdehnung des Negativs[3]); unter Umständen kann die Dauer der Exposition bis auf zwei Minuten steigen.

Gegenwärtig verwendet man ab und zu das Magnesiumband zum Kopieren von Diapositiven und Papierbildern auf Chlorsilbergelatine mit Hervorrufung sowie für Chlorbromgelatine, als auch für Vergrößerungen auf Bromsilbergelatinepapier, zur Reproduktion von Autochromen usw. usw.

---

1) Bell benutzte Gummi-Gallus-Kollodionplatten mit Pyrogallus-Entwicklung (Phot. Archiv, 1871, S. 34).

2) Phot. Archiv, 1873, S. 173.

3) Phot. Mitt. Bd. 5, S. 14. Phot. Archiv, 1869, S. 315. — Über Vergrößerungen bei Magnesiumlicht in älterer Zeit s. Geldmacher (Phot. Archiv, 1865, S. 161; ferner Phot. Archiv, 1869, S. 67).

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

NEUNUNDZWANZIGSTES KAPITEL.

VERBRENNUNGSDAUER UND FLAMMENFORM VON BLITZLICHTGEMISCHEN.

Wie bereits auf S. 538 erwähnt wurde, ist die Kenntnis der Verbrennungsdauer von Blitzlichtgemischen von Wichtigkeit, wenn es sich um sog. Momentaufnahmen bewegter oder lebender Objekte handelt.

Überdies ist die entwickelte Lichtintensität und die Höhe der Flammengarbe von Bedeutung für photographische Zwecke.

Die Verbrennungsdauer sowie die Form der Flammengarbe sind je nach der Brisanz und Heftigkeit der Verbrennung, der Zusammensetzung und Feinheit des Blitzlichtpulvers und der Art der Aufschüttung variabel.

Bestimmung der Verbrennungsdauer von Magnesiumblitzlicht.

Bei der Betrachtung des Abbrennens der verschiedenen Arten des Magnesiumblitzlichtes bemerkt man, daß bei den verschiedenen Gemischen die Verbrennungsgeschwindigkeit bald größer, bald geringer ist.

Die Verbrennungsdauer hängt nicht nur von der Zusammensetzung des Blitzlichtpulvers und von seinem mehr oder weniger feinpulverigen Zustande, sondern auch von der Quantität und Anhäufung des abgebrannten Pulvers, bis zu einem gewissen Grade auch von der Art der Zündung ab.

Zur approximativen Bestimmung der Verbrennungsdauer kann der in Fig. 401 abgebildete Apparat dienen[1]), welcher zunächst für Schuldemonstrationszwecke dient. Ein schweres Rad aus dunkel gebeiztem Holze, von ungefähr 70 cm Durchmesser, dreht sich mittels einer durch die Hand in Bewegung gesetzten Kurbel leicht um seine Achse. Am Mittelpunkte des Rades ist eine versilberte Halbkugel aus Glas angebracht; an der Peripherie befindet sich eine ebensolche Halbkugel, welche das Licht mit lebhaftem Glanze reflektiert. Ein am Rade angebrachter

1) Phot. Korresp. 1890, S. 364.

SLUB Wir führen Wissen.
gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Metallstift bewirkt das Anschlagen einer mit einem Metallknopfe versehenen Feder an ein kleines Glöckchen, so daß bei je einer Umdrehung des Rades ein leiser, deutlich vernehmbarer Glockenschlag ertönt. Andererseits setzt man einen Sekundenpendel in Gang, oder zählt nach einer Uhr präzise und laut die Sekunden. Ein Gehilfe dreht das Rad und muß es sorgsam so einrichten, daß jeder Glockenschlag mit dem Sekundenschlag zusammenfällt. Das Rad ist, wie erwähnt, ziemlich schwer und besitzt demzufolge einen ruhigen, regelmäßigen Gang. Dieser Apparat kann ebensogut zur Bestimmung der Geschwindig-

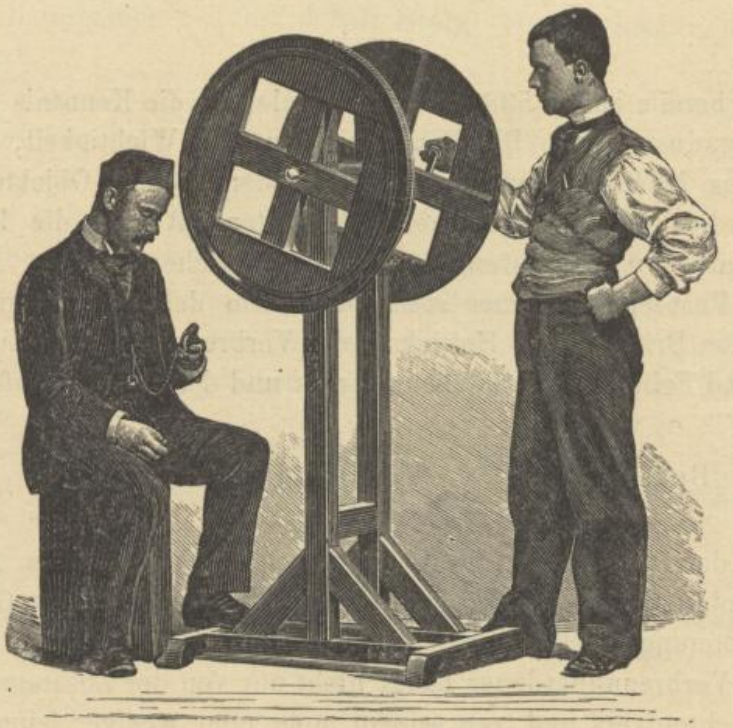


Fig. 401. Bestimmung der Verbrennungsdauer von Blitzlicht.

keit eines Momentverschlusses, als zur Messung der Verbrennungsgeschwindigkeit von „Blitzlicht“ dienen. In letzterem Falle stellt man dann das Rad sowie die Blitzlichtlampe und die photographische Kamera in einer Dunkelkammer auf.

Zunächst wird mit Hilfe einer Kerze das Reflexbild der Halbkugeln scharf mittels der photographischen Kamera eingestellt; man verdunkelt dann den Raum, legt eine empfindliche Platte in die Kamera ein, öffnet den Objektivdeckel, setzt das Rad in Bewegung und brennt das Magnesiumblitzlicht in dem Momente ab, wo man sich durch das Gehör überzeugt hat, daß das Rad genau eine Umdrehung in der Sekunde macht.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Entwickelt man dann die Platte, so erhält man einen deutlich sichtbaren, scharfen Punkt in der Mitte des Rades und einen scharfen, mehr oder weniger langen bogenförmigen Strich an der Peripherie, welcher dem Wege entspricht, den die glänzende Halbkugel während der Dauer der Beleuchtung zurücklegte. Beträgt dieser Bogen $^1/_4$ des Kreisumfanges, so dauerte die Beleuchtung $^1/_4$ Sekunde usw. Natürlich kann gleichzeitig die chemische Leuchtkraft mittels eines Photometers bestimmt werden.

Einen anderen, zu demselben Zwecke dienenden Apparat konstruierte O. Hruza (Eders Jahrb. f. Photogr. 1891), welcher sich eines Uhrwerkes mit guter Regulierung bediente.

Im selben Sinne, mit rotierender glänzender Kugel, ist Bayers sehr handlicher Apparat eingerichtet (Phot. Korresp. 1891, S. 227).

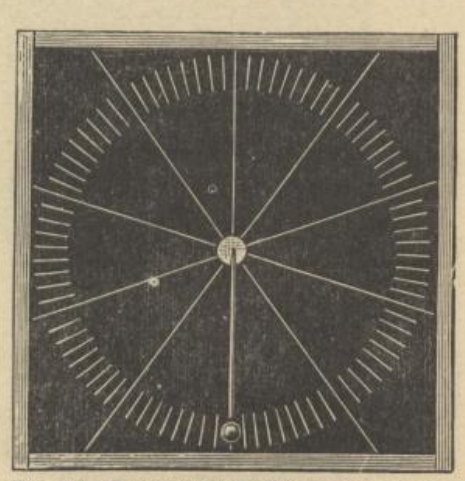


Fig. 402. Bestimmung der Verbrennungsdauer von Blitzlicht.

Der Apparat besteht aus einem schwarzen Brett mit einem weißen, in 100 Teile geteilten Kreise (siehe Fig. 402), vor welchem sich eine an einem Arm befestigte vernickelte Metallkugel bewegt, die durch eine an der Rückseite angebrachte Kurbel gedreht wird. Bei jeder Umdrehung gibt eine kleine Feder auf einer Scheibe mit eingeschnittenem großen Zeiger einen hellen Ton.

Desgleichen können fast alle Apparate, welche zur Bestimmung der Geschwindigkeit von Momentverschlüssen dienen, auch zur Ermittlung der Verbrennungsdauer von Blitzlichtpulvern dienen.

Der Verfasser arbeitet mit Vorliebe mit dem Rhedenschen Apparat, welchen die Firma Lechner in Wien (I Graben), nach den Angaben Jos. Rhedens hergestellt, in den Handel bringt. Der Apparat, welcher in Fig. 403 abgebildet ist, besteht aus einer Metallplatte *a*, welche auf zwei gegenüberliegenden Quadranten eine Teilung *b* durchbrochen eingeschnitten erhält. An deren Grund spielt eine zur Teilung zentrisch laufende, mit acht schmalen radialen Spalten versehene Scheibe *c*. Das Ganze ist auf einem Brettchen befestigt, welches unter der Teilung entsprechende Ausschnitte besitzt. Der (in der Figur aufgeklappte) Rahmen *d* enthält eine Mattscheibe und dient dazu, das auf die Teilung auffallende Licht gleichmäßig zu zerstreuen. Die Scheibe steht durch ein doppeltes Kegelgetriebe *e* mit der Schnurtrommel *f* in Verbindung, welche durch das Gewicht *g* in Bewegung

versetzt wird. Ein auf der Transmission *e* angebrachter Wattscher Regulator *h* in der Form, wie er bei genau gehenden Triebwerken für astronomische Refraktoren verwendet wird, erteilt dem System eine gleichmäßige Bewegung. Durch die bei der rotierenden Bewegung des Pendels erzielte Zentrifugalkraft entfernen sich die beiden Kugeln von der Drehungsachse und drücken zwei kleine Bürsten *i* und *i'* an den Ring *k*, wodurch eine konstante Reibung erzeugt und der Regulator in gleichmäßiger Bewegung erhalten wird. Der kleine Hammer *l* wird durch einen an der Trommel befindlichen Stift bei jeder Umdrehung gehoben und fallen gelassen und zeigt durch seine Schläge die vollen Rotationen der Scheibe an. Zum Arretieren des aufgezogenen Werkes dient der Sperrhebel *n*. Das Ganze ist auf dem Grundbrett *m* montiert und kann mit diesem auf jedem gewöhnlichen photographischen Stativ befestigt werden.

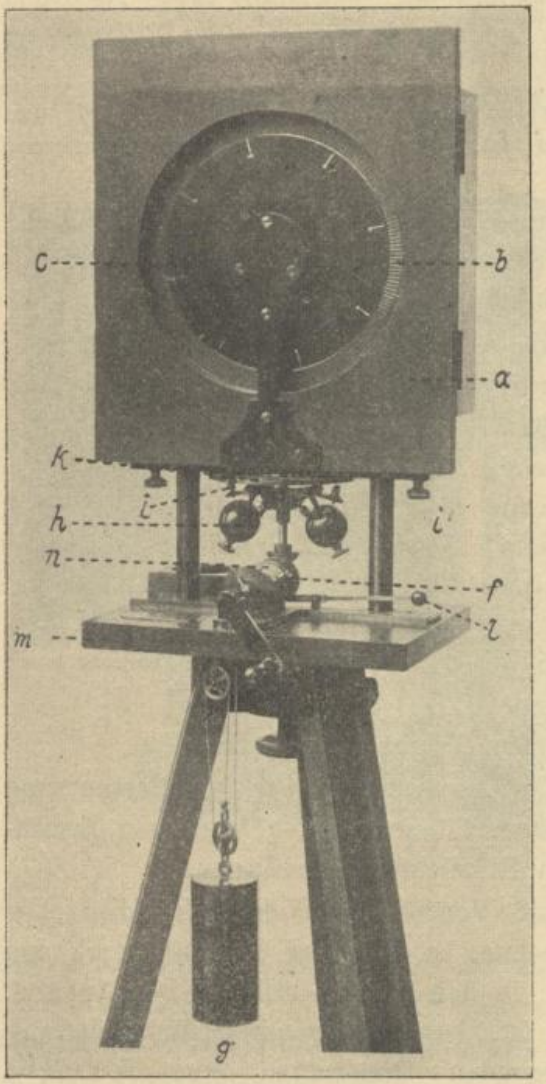


Fig. 403. Rhedens Apparat.

Die Beleuchtung des Apparates geschieht mit dem zu prüfenden Blitzlicht und die Aufnahme mit dem Apparat wird bei einer Lichtstärke des Objektivs von etwa $f/8$ und aus einer Distanz von der Spaltscheibe von etwa 12 bis 15 Brennweiten gemacht.

Das Photogramm enthält die ruhende Skala scharf und die bewegten Spalten verschwommen abgebildet. Aus der Breite der Spaltspur läßt sich mit großer Genauigkeit die Dauer der Belichtung ableiten. Das Aussehen eines auf die angedeutete Weise erlangten Photogramms zeigt Fig. 404 (Eders Jahrb. f. Phot. 1903, S. 112).

L. Mach bestimmte die Geschwindigkeit der Momentbeleuchtungen mittels eines rotierenden Spiegels (Eders Jahrb. f. Phot. 1893, S. 195). — Eine sehr einfache

Methode bei Verwendung einer Stimmgabel gab Rud. Steinheil an: Er versah eine Stimmgabel mit mattschwarzer Farbe, brachte an einer Zinke eine glänzende kleine Kugel an, wodurch beim Beleuchten ein glänzender Lichtpunkt entsteht, welcher die Stimmgabelschwingungen mitmacht. Die Stimmgabel wird auf einem Schlitten befestigt und dieselbe während des Versuches senkrecht zur optischen Achse einer photographischen Kamera bewegt. Macht die Stimmgabel z. B. 200 Schwingungen in der Sekunde und gibt das Blitzlicht das Bild von 10 Wellenlängen, so dauerte die Momentbeleuchtung 0,05 Sekunde (Eders Jahrb. f. Phot 1894, S. 317).

A. Londe beschreibt im „Bull. Soc. franç. Phot." 1901, S. 345, einen Apparat, welcher zum Messen der Geschwindigkeit von abbrennendem Blitzlicht dient. Als Maß dient eine vibrierende, elektrische Stimmgabel, an welcher eine kleine Blende angebracht ist; durch letztere fällt das Blitzlicht und trifft eine in rascher Drehung befindliche photographische Platte. Fig. 405 zeigt die Anordnung des Apparates: *A* Akkumulatoren, *M* Dynamo, welcher die sensible Platte *P* in Drehung versetzt, *D* elektrische Stimmgabel, *E* Blende, *J* und *C* elektrische Unterbrecher zum Ausschalten des Stromes für Stimmgabel und Dynamo, *R* Widerstand, *G* Blitzlichtlampe, welche durch den Taster *B* elektrisch gezündet werden kann. Dieser Apparat wird von Gaumont in Paris erzeugt (Bull. Soc. franç. 1911, S. 68.

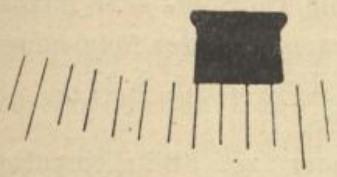


Fig. 404.
Photogramm mit Rhedens Apparat.

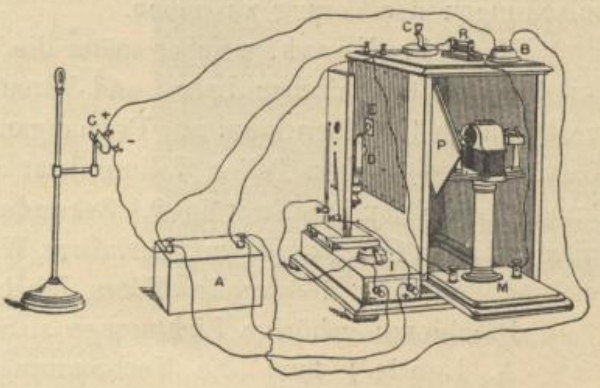


Fig. 405. Londes Apparat.

Über die Bestimmung der Verbrennungsdauer von Blitzlichtpulver mit Hilfe des freien Falles s. G. Krebs (Eders Jahrb. f. Phot. 1901, S. 139). [Über verschiedene Systeme der Bestimmung von Momentbeleuchtung vgl. Abney, Eders Jahrb. f. Phot. 1894, S. 111.]

Bestimmungen über die Verbrennungszeit und entwickelte Lichtmenge beim Abbrennen von Magnesiumblitzlichtgemischen stellte der Verfasser 1890 an[1]), welche er später in Gemeinschaft mit E. Valenta[2]) fortsetzte.

Über die Verbrennungsdauer ergeben sich folgende allgemeine Resultate (Eder):

1. Die Verbrennungsdauer des reinen, rasch durch eine Flamme geblasenen Magnesiumpulvers kann im Durchschnitt für 0,1 g Magnesium $= 1/7$ Sekunde gesetzt werden; für größere Mengen wächst die Ver-

1) Eder „Versuche über die Verbrennungsgeschwindigkeit verschiedener Arten von Magnesiumblitzlicht". Phot. Korresp. 1890, S. 394.

2) Phot. Korresp. 1891, S. 511; Eders Jahrb. f. Phot. 1892, S. 372.

brennungsdauer durchaus nicht in demselben, sondern in einem geringeren Maße, so daß z. B. 0,3 bis 1 g Magnesiumpulver im besten Falle in $^1/_4$ Sekunde, 4 g in etwa $^1/_2$ Sekunde verbrennen.

2. Die Verbrennungsgeschwindigkeit der explosiven Magnesiummischungen (Magnesium, Kaliumchlorat und Kaliumperchlorat) ist eine größere als jene des reinen Magnesiumstaubes. Eine Mischung, welche 0,1 g Magnesium enthält, verbrennt durchschnittlich in $^1/_{30}$ Sekunde; Mischungen aber, welche $1\,^1/_2$ g Magnesium enthalten, ergaben eine etwas längere Verbrennungsdauer, z. B. $^1/_{10}$ bis $^1/_{20}$ Sekunde.

Gemische von je 1 g Magnesium mit Hypermanganat (Rezeptur s. S. 544) brennen in $^1/_7$ bis $^1/_{14}$ Sekunden ab.

3. Handelt es sich um eine große chemische Leuchtkraft bei möglichst kurzer Verbrennungsdauer, so ist den explosiven Magnesiummischungen der Vorzug zu geben.

Nach Fr. Novak, welcher später die Versuche Eders und Valentas an der k. k. Graphischen Lehr- und Versuchsanstalt in Wien fortsetzte, verbrennt je 1 g Magnesium mit Permanganat in zirka 0,12 Sekunde, das Gemisch mit gleichen Teilen Kaliumnitrat oder Bariumnitrat in 0,07 Sekunde, mit Strontiumnitrat in 0,1 Sekunde, mit Thorium- oder Zirkonnitrat in zirka 0,2 Sekunde, mit Cerinitrat, Wolframsäure oder Ammoniummolybdat in zirka 1 Sekunde (Eders Jahrb. f. Phot. 1908, S. 371).

Die hierzu gehörige Lichtmenge s. S. 628.

A. Londe[1]) fand die Verbrennungsdauer von Blitzlichtpulver zwischen $^1/_4$ bis $^1/_{20}$ Sekunde. Er bestätigte, daß Gemische von Magnesium mit sauerstoffreichen Substanzen in größeren Mengen langsamer abbrennen als in kleineren, z. B. 1 g des Blitzlichtpulvers in 0,12 Sekunden, 5 g aber in 0,16 Sekunden. Von den verschiedenen Zündungsarten erzeugt die elektrische Glühzündung die schnellste Verbrennung[2]); dieser zunächst kommt die Zündung mittels der sogen. Zündplättchen, während die Streichholzzündung nach Art der Blitzlichtlampen die Verbrennungsdauer ein wenig verlängert. Bei Verbrennung des Pulvers in Patronenform mit Hilfe von bengalischem Papier wird die Verbrennungsdauer gegenüber der elektrischen Glühzündung mehr als verdoppelt. An der verlängerten Verbrennungsdauer ist allerdings lediglich die Verteilung der Pulvermenge schuld. Schließt man dieselbe nicht haufenförmig, sondern wallförmig in das bengalische Papier, so ist die Geschwindigkeit der Verbrennung die gleiche wie bei der elektrischen Glühzündung. Von großem Einflusse auf die Verbrennungsdauer

1) Bull. Soc. franç. 1902, S. 230 und 425; Eders Jahrb. f. Phot. 1903, S. 401.

2) Diese Beobachtung hat viel früher L. Mach publiziert (Eders Jahrb. f. Phot. 1893, S. 195).

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

ist ferner der Grad der Haltbarkeit des Blitzlichtpulvers. Manche Pulverarten erleiden durch längeres Aufbewahren eine Veränderung, und diese hat stets eine Verlängerung der Verbrennungsdauer zur Folge. Man sollte daher, um immer die gleichen Ergebnisse zu erhalten, die Pulvergemische stets so frisch wie möglich verwenden. Der Verfasser analysierte mit einem Serienapparat die Form des Magnesiumblitzlichtes. Dabei zeigte sich, daß die Leuchtfläche erst klein ist, dann wächst, und bei 0,05 Sekunden ihre größte Ausdehnung erlangt, auf der sie etwa 0,05 Sekunden verharrt, um sich dann zu verdunkeln und bei 0,12 Sekunden zu verlöschen.

Art der Flamme von verschiedenem Magnesiumlicht.

Gewöhnliches Magnesiumpustlicht gibt eine weite, wolkige, hochemporschießende Flamme, deren Dimension von der Menge des verbrannten Magnesiumpulvers, der Form der Lampe und der Stärke des Luftstoßes abhängt. Bei der Löhrschen Lampe und ähnlichen Typen züngelt die Flamme nach dem Durchblasen von 1 g Magnesium $^3/_4$ bis 1 m hoch empor, wie Fig. 406 (mit gleichzeitig photographischem Maßstab) zeigt.

Rasch verpuffendes Magnesiumblitzlichtpulver z. B. mit Thoriumnitrat, Permanganat usw. flammt mit derselben Menge Magnesium nur etwa 40 bis 50 cm hoch empor. Die Verbrennung erfolgt bei feinster Pulve-

Fig. 406. Flamme von Magnesiumpustlicht.

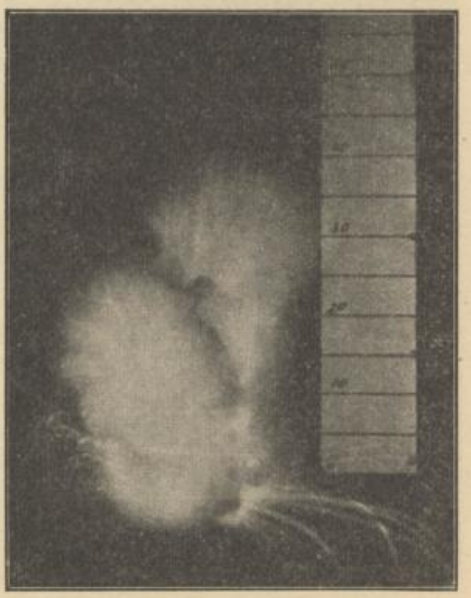


Fig. 407.
Flamme von Magnesiumblitzlichtpulver mit Funkensprühen.

Fig. 408.
Flamme einer freihängenden Kugelblitzpatrone.

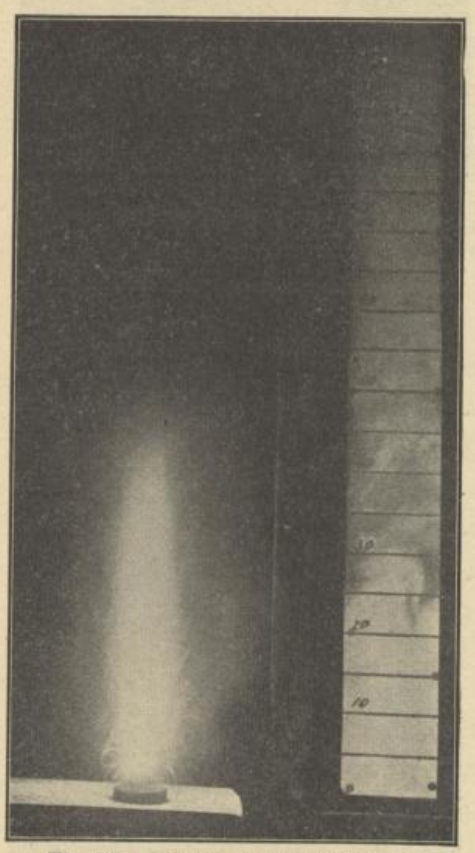


Fig. 409. Flamme einer Zeitlichtkerze.

rung und innigster Mischung ohne merkliches Funkensprühen. Mangelhaft gepulverte Gemische werfen glühende Garben und Partikelchen aus, welche in der Nachbarschaft oder am Boden Brandschaden verursachen können. Fig. 407 zeigt diese Erscheinung.

Verbrennt das Blitzlichtpulver in einem Säckchen oder Beutel aus Seidenpapier, welches an einem Faden oben frei aufgehängt ist und durch eine Lunte von unten entzündet wird (Kugelblitz, Fächerblitz usw., s. Seite 564), so entsteht eine rundliche, blendende Feuerwolke, welche viel Licht nach allen Seiten, insbesondere auch nach unten wirft; dies trägt zur Erzielung besserer Weichheit der Aufnahmen bei. Fig. 408 zeigt einen solchen Blitz, dessen Dimensionen jenem von Fig. 407 ähnlich sind und der sehr wenig Funkensprühen zeigt, wie dies bei korrekten Blitzlichtgemischen der Fall sein soll.

Zeitlichtkerzen oder Patronen in Seidenpapierhülsen oder dgl. geben eine schmale, bald mehr zylindrische, bald mehr kugel- oder lanzettförmige Stichflamme, wie Fig. 409 zeigt.

Es empfiehlt sich bei der Untersuchung von Magnesiumlichtarten nicht nur Helligkeit und Verbrennungsdauer, sondern auch Flammenform zu studieren, weil diese über die Funktion der Lichtquelle bemerkenswerte Aufschlüsse darbietet.

SLUB Dresden

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

DREISSIGSTES KAPITEL.

AKTINOMETRIE DER PHOTOGRAPHISCHEN LICHTINTENSITÄT KÜNSTLICHER LICHTQUELLEN.

Geschichtliches.

Ältere Vergleichungen zwischen der relativen chemischen Leuchtkraft verschiedener Lichtquellen liegen nur in ungenügender Weise vor. Die meisten der älteren Vergleichszahlen haben nur einen untergeordneten Wert, weil in den seltensten Fällen die jeweilige Menge der verbrannten Substanz, beziehungsweise die Flammenhöhe oder Dimension angegeben wurde und überdies die Reduktion der Beobachtungsresultate auf eine vergleichbare Einheit meistens unterlassen wurde.

Hierher gehören die Versuche von Riche und Bardy, welche Kalklicht, Magnesiumlicht, Zink, Schwefel, Schwefelkohlenstoff brennend in Sauerstoff usw. untersuchten und besonders hohe Wirksamkeit für Bromsilberkollodium durch Leiten von Sauerstoff auf brennenden Schwefel erhielten (Bull. Soc. franç. 1875; Phot. News 1875, S. 171). Stebbing macht ähnliche Angaben (Phot. Mitt., Bd. 12, S. 103).

Die erwähnten Ungenauigkeiten in den Angaben über Verbrauch an Brennmaterial usw führten zu Widersprüchen. So wurde mehrfach das Sauerstoff-Schwefelkohlenstofflicht für wirksamer als Magnesiumlicht erklärt; Lossen aber erklärte dies für falsch und fand bei seinen Versuchen mit Bromsilberplatten das Magnesiumlicht wirksamer[1]).

Mc. Lellan verbrannte verschiedene Substanzen (Schwefel, Schwefel- und Antimonsulfid, Phosphor, Magnesium usw.) in einem Glaskolben in Sauerstoffgas (ca. 6 bis 7 Liter) und untersuchte die photographische Wirksamkeit auf Bromsilbergelatineplatten, indem er ein Skalenphotometer über die Platten legte (Brit. Journ. Phot. 1881, S. 634). Er fand, daß der Aktinismus des Lichtes brennender Körper bedeutend größer ist, sobald die Verbrennung im Sauerstoffgas statt an der atmosphärischen Luft erfolgt.

Nach H. W. Vogel ist die Wirkung der Sellschen Lampe auf photographische Platten etwa viermal geringer als das Licht eines heiteren Wintertages um die Mittagszeit. Vor anderen künstlichen Lichtquellen bietet sie den Vorteil, wegen ihrer vorwiegend blauen Farbe die Augen nicht zu blenden, was bei Porträtaufnahmen wohl zu beachten ist[2]).

---

1) Phot. Archiv 1878, S. 70.

2) Bericht der deutsch. chem. Gesellsch. 1875, S. 96.

SLUB Wir führen Wissen.
gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Zündsätze (indianisches Weißfeuer[1]) gestatten die Aufnahme damit beleuchteter Personen in ungefähr der doppelten bis vierfachen Zeit, als im Durchschnitt bei Tageslicht notwendig ist. Magnesiumblitzlicht wirkt aber in viel kürzerer Zeit ein.

Das Licht der besten und am kräftigsten leuchtenden, am Tageslicht erregten phosphoreszierenden Substanzen ist verhältnismäßig schwach; es wirkt bei unmittelbarer Berührung auf eine Bromsilbergelatineplatte ungefähr so kräftig, wie das Licht einer Normalkerze in einer Distanz von 50 cm. Phosphoreszenzlicht wirkt immer viel schwächer als jenes Licht, welches die Phosphoreszenz erregte.

Gaedicke fand, daß 102 g seines Magnesiumchlorat-Schwefelantimonblitzlichtpulvers in 1 m Entfernung ebenso stark auf Albuminpapier wirken wie Sonnenlicht in 1 Sekunde (Phot. Mitt 1887, S. 109).

Das brennende Magnesium besitzt eine ebenso große chemische Wirkung wie die Sonne ohne Wolken bei 10° Höhe, d. h. wenn beide Lichtquellen dieselbe scheinbare Fläche haben. Dies ist der Fall, wenn eine Magnesiumscheibe von 1 cm Durchmesser 10,7 m von dem beleuchteten Gegenstande entfernt ist. Bei einer Sonnenhöhe von 22,4° ist die chemische Wirkung der Sonne 36mal größer als die des Magnesiums Bunsen und Roscoë).

Abney verglich die Wirkung verschiedener Lichtquellen in photographischer Beziehung und zwar mittels Platinotyppapier. Er fand, daß die Helligkeit des elektrischen Lichtes, welches dem Auge = 1 Normalkerze ist, photographisch wie 10,7 Kerzen, welche während einer Minute einwirken, wirkt. Ein englischer Gran Magnesium (= 0,065 g) wirkt photographisch = 23,1 Normalkerzen während der Einwirkung von einer Minute. Ein gutes Oxyhydrogenkalklicht von der optischen Helligkeit = 400 Kerzen wirkt photographisch = 800 Kerzen und bei solchem Lichte muß man in 5 Stunden eine Platynotypie kopieren. Bei gleicher optischer Helligkeit wirkt nach Abney das elektrische Licht viermal stärker in photographischer Beziehung als das Magnesiumlicht. Z. B. wirkt elektrisches Bogenlicht von 1150 Kerzen sichtbarer Helligkeit = 12300 Kerzen beim photographischen Kopierprozeß mit der Brenndauer von einer Minute. Ein solches Licht gibt bei einer Distanz von 30 cm in 10 Minuten eine Platynotypiekopie; wenn man Magnesiumband mit einem Magnesiumkonsum von 124 Gran in der Minute in derselben Distanz verbrennt, so muß man 40 Minuten belichten, obschon die Helligkeit dem Auge gleich dem vorhin genannten elektrischen Lichte ist; dies ergibt einen Verbrauch von ungefährt 370 g während 40 Minuten. Im Sonnenlichte würde man ungefähr 1 Minute kopieren müssen. Daraus geht hervor, daß das elektrische Bogenlicht nächst dem Sonnenlichte als die geeignetste Lichtquelle für längere Lichtwirkung zum Kopieren usw. zu bezeichnen ist, während sich Magnesium hierfür weniger eignet (Bulletin Belge Phot. 1891, S. 858; Eders Jahrb. f. Phot. 1892, S. 379).

Zum Zwecke der Untersuchung des photographischen Lichteffektes einer künstlichen Lichtquelle pflegt man als Vergleichslichtquelle die Hefnersche Amylacetatlampe als Standard zu benutzen und im Abstand von 1 m und für die Wirkungszeit von 1 Sekunde den relativen photographischen Effekt zu ermitteln.

---

1) Bei einem Verbrauch von ca. 30 g pro 10 Sekunden.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Für die Charakteristik der Lichtquellen ist die Kenntnis des Verhältnisses ihrer photographischen Wirksamkeit dividiert durch das Verhältnis ihrer optischen Helligkeit, d. i. die sog. relative Aktinität, von Wichtigkeit (vgl. Seite 81).

Das Verhältnis der photographischen Wirksamkeit einer künstlichen Lichtquelle zu jener der Hefnerschen Normalkerze (HE.) ist mittels des Scheinerschen Sensitometers oder dergl. leicht zu bestimmen. Man ermittelt unter Verwendung ein und derselben photographischen Plattensorte und gleichartiger (gleichzeitiger) Entwicklung zunächst aus der abgelesenen Sensitometerzahl die approximative relative Helligkeit beider Lichtquellen. Dann berechnet man darnach, in welcher Distanz die fragliche Lichtquelle aufzustellen ist, um denselben photographischen Effekt in derselben Zeit wie die Hefnerkerze zu geben. Nach einigen Versuchen wird man experimentell diese Distanz nachgeprüft und sichergestellt haben und dann ist die photographische Wirksamkeit der Lichtquelle mit Bezug auf die Hefnereinheit nach dem Entfernungsgesetz leicht zu errechnen.

In ähnlicher Weise kann man mit Skalenphotometern oder Röhrenphotometern (Bestimmung der Helligkeit des durch weiße Papierreflektoren oder matte Gläser diffus gemachten Lichtes) die aktinometrische Messung vornehmen.

Stets gilt die Aktinitätszahl nur für eine bestimmte photographische Schicht, z. B. für Bromsilbergelatine, welche zumeist angewendet wird. Die relative Aktinität zweier Lichtquellen schwankt je nach Zusammensetzung der lichtempfindlichen Schicht; sie ist anders für Bromsilber als für Chlorsilber, ändert sich gewaltig durch Sensibilisierung der photographischen Schichten mit Farbstoffen (orthochomatische Platten), ist für Chromatpapiere häufig anders als für Silberkopierpapiere usw.

1. Chemische Helligkeit verschiedener Lichtquellen bezogen auf Bromsilbergelatine mit Entwicklung und die Hefnerkerze.

Für die Photographie bei künstlichem Licht ist die photographische Helligkeit verschiedener Lichtquellen auf die Bromsilbergelatine-Trockenplatte von besonderem Interesse. Vergleicht man die photographische Wirksamkeit der benutzten Lichtquelle im Abstande von 1 m mit der Wirkung einer Hefnerkerze, so ergibt sich nach Eders Versuchen umstehende Tabelle.

Auf Chlorsilbergelatine mit Entwicklung wirkt 1 mg Magnesiumband an der Luft verbrennend = 872 Sekunden-Meter-Kerzen. — Auf orthochromatische (Erythrosin-) Bromsilbergelatineplatten wirkt 1 mg Magnesium nur = 192 Sekunden-Meter-Kerzen, weil die gelb-

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Benutzte Lichtquelle in einer Distanz = 1 m	Relative optische Helligkeit	Zeitdauer der Einwirkung der Lichtquelle in Sekunden	Chemische Leuchtkraft (photogr. Wirkung) bezogen auf die Hefnerlampe
1. Hefner-Altenecks Amylacetatlampe	1	1	1
2. Drummondsches Kalk-, Magnesia- oder Zirkonlicht .	70	1	260
3. Gaslicht (Argandbrenner)	16	1	28
4. Auersches Gasglühlicht	60	1	152
5. Elektrisches Bogenlicht	400	1	4000

	Chemische Leuchtkraft (photogr. Wirkung) in Sekunden-Meter-Kerzen (Hefner)
6. Magnesiumband an der Luft verbrennend und frei auf Bromsilbergelatine einfallend besitzt eine chemische Helligkeit pro 1 mg	435 SMH.[1])
7. Dasselbe nach dem Durchgange durch eine farblose Glasplatte	270 bis 325
8. Magnesiumpustlicht nach dem Durchgange durch eine farblose Glasplatte pro 1 mg Mg	385
9. Magnesiumblitzlicht mit Permanganat oder Müllers Gemisch mit Chlorat und Perchlorat pro 1 mg Mg .	200
10. Magnesiumband in Sauerstoff verbrennend pro 1 mg Mg	769
11. Gleiche Teile Aluminiumpulver und Kaliumperchlorat pro 1 mg Al	232
12. An der Luft brennender Phosphor pro 1 mg . . .	$2^3/_4$
13. In Sauerstoff brennender Phosphor pro 1 mg . . .	85

grünempfindlichen Platten gegen das gelbliche Amyllicht sich günstiger als gegen Magnesiumlicht verhalten, dessen chemischer Effekt somit etwas zurückbleibt.

Hieraus geht hervor, daß ein Drummondsches Kalklicht, welches dem menschlichen Auge 70 mal heller als eine Kerze erscheint, auf Bromsilber eine 260 mal größere photographische Wirksamkeit als die Kerze zeigt; Gaslicht erscheint optisch z. B. 16 mal heller als eine Kerze, wirkt aber auf Bromsilber 28 mal stärker ein und brennendes Magnesiumband (von obiger Beschaffenheit) ist chemisch zirka 24 mal wirksamer (auf Bromsilbergelatine) als es optisch erscheint, photographisch aber fast 2000 mal stärker wirkend als eine Kerze. — Hierher gehört auch die von Michalke (Phot. Mitt. 1890, Bd. 24, S. 195) gemachte Beobachtung, daß das gedämpfte Tageslicht bei gleicher optischer Helligkeit wie das Licht einer Amylazetatkerze dennoch 10 mal wirksamer auf Bromsilbergelatine als letzteres ist.

Berechnet man die chemische Leuchtkraft auf Sekunden-Meter-Kerzen und ermittelt den Effekt, welcher sich ergeben würde, wenn

1) Sekunden-Meter-Hefnereinheiten (SMH.).

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

das Licht während einer Sekunde anhalten würde, es resultiert folgende Tabelle (Eder):

	Relative Wirkung auf Bromsilbergelatine berechnet auf Sekunden-Meter-Kerzen
1. Normalkerze (Hefnereinheit)	1
2. Magnesiumblitzlicht, beim Verbrennen von 1 g Magnesium, nach dem Durchgang durch farblose Gläser (photographische Objektive)	200000—300000

Wenn man bedenkt, daß „gutes Licht" im Atelier des Photographen auf das horizontale Photometer im Durchschnitt einen chemischen Effekt von 50000 bis 100000 Sekunden-Meter-Kerzen äußert, daß direktes Sonnenlicht (senkrecht auf das Photometer einfallend) bei einem Versuche am 24. Oktober 1890 um 9 Uhr vormittags in Wien bei fast wolkenlosem Himmel eine Wirkung von 450000 Sekunden-Meter-Kerzen äußerte, daß ferner das elektrische Bogenlicht von 4 Lampen à 2000 Kerzen optischer Helligkeit (also zusammen von 8000 Kerzen optischer Helligkeit) eine chemische Leuchtkraft für Bromsilbergelatine von beiläufig 80000 Kerzen hat, so ergibt sich, daß das Magnesiumpulver von allen bis jetzt bekannten künstlichen Lichtquellen bei der kürzesten Verbrennungsdauer den relativ stärksten chemischen Effekt äußert.

Man kann mit Bestimmtheit behaupten, daß nächst dem Sonnenlicht das Magnesium- und das elektrische Licht das photographisch wirksamste ist und das elektrische Bogenlicht gibt Flammen von mehreren tausend Kerzen Leuchtkraft, welche nicht nur auf photographische Brom- oder Jodsilberplatten fast so energisch wie Sonnenlicht wirken, sondern Jodsalze sogar energischer als letzteres zersetzen[1]). Das Magnesiumlicht ist so gewaltig aktinisch, daß 4 bis 5 g Magnesiumpulver binnen einem Bruchteile einer Sekunde eine chemische Leuchtkraft von ungefähr einer Million Kerzen entwickeln.

Im elektrischen Licht vegetieren und atmen die Pflanzen wie im Sonnen- oder Tageslicht[2]) und gewisse organische Produkte, wie z. B. rohes Blutalbumin, werden durch das elektrische Licht in 24 Stunden entfärbt (gebleicht[3]). (Vgl. XII. Kapitel.)

2. Chemische Leuchtkraft und photographische Wirksamkeit der verschiedenen Arten des Magnesiumlichtes.

Magnesiumband verbrennt viel langsamer als Magnesiumpulver, und hängt die entwickelte Lichtmenge wohl mit dem Gewichte

1) S. Leeds, Chem. News Bd. 42, S. 147; Beibl. Annal. Phys. Chemie 1880, S. 730. (Vgl. auch dieses Handbuch, Bd. I, S. 369.)

2) Siemens, Phot. Korresp. 1880, Bd. 17, S. 69.

3) Chemiker-Zeitung 1881, S. 97 aus Monit. prod. chim. Bd. 2, S. 402.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

des verbrannten Magnesiums zusammen, steht aber in keinem geraden Verhältnisse. — Auch ist es nicht ganz einerlei, wenn man dasselbe Gewicht von Magnesium in Form eines Bandes (also in einem längeren Zeitraum), oder als reines Magnesiumpulver in einer Flamme, oder in einer Explosivmischung verbrennt.

Nur für die ungenaue Schätzung, welche aber immerhin für die praktische Photographie als ein ganz beiläufiger Anhaltspunkt dient, kann man annehmen: Der photographische Effekt ein und desselben Gewichtes von verbranntem Magnesium ist ungefähr gleich, sei es nun, daß man es in der einen oder der anderen Form verbrennt; verbrennt man das 2, 3, 4fache Gewicht von Magnesium, so kann man die Belichtung auf $^1/_2$, $^1/_3$, $^1/_4$ der ursprünglichen Belichtungszeit abkürzen. Wenn auch der Praktiker sich ohne Nachteil mit einer solchen ungenauen Regel abfinden mag, so hält sie dennoch einer exakteren Prüfung nicht Stand.

Vergleicht man die chemische Leuchtkraft von gleichen Gewichtsteilen langsam brennenden Magnesiumbandes und schnell verbrennendem reinen Magnesiumpulver, so ergibt sich, daß sie in beiden Fällen nur annähernd, aber nicht genau dieselbe ist, sondern daß das in eine Flamme geblasene reine Magnesiumpulver ein wirksames Licht entwickelt; dagegen bleibt die Leuchtkraft des mit sauerstoffreichen Substanzen (Chlorat usw.) gemischten und in einem Häufchen entzündeten Magnesiumpulvers hinter dem reinen, durch eine Flamme geblasenen Magnesium zurück (nahezu um die Hälfte) und erreicht kaum die Leuchtkraft eines gleichen Gewichtes von langsam verbrennendem Magnesiumband.

Der Grund dieser auffallenden Erscheinung dürfte in folgendem liegen: Die Flamme des brennenden Magnesiums ist von einem weißen Rauch (MgO) umgeben und ist für die auf dasselbe fallende oder von innen kommende Licht von brennendem Magnesium nahezu undurchsichtig, so daß das gleichzeitige Abbrennen mehrerer hintereinander befindlicher Magnesiumbänder, oder eines in analoger Weise ausgebreiteten Häufchens von Magnesium-Chloratmischung kaum mehr Licht liefert, als der vordere Teil des brennenden Magnesiums allein. Je näher die brennenden Magnesiumpartikelchen sich aneinander befinden, je kompakter die brennende Masse ist, um so weniger ist eine Steigerung des Lichteffektes bemerkbar. Z. B. liefert ein kompaktes Häufchen von Magnesium-Chloratpulver nur $^2/_3$ oder $^3/_4$ des Lichtes wie dasselbe Quantum, welches in Form eines langgestreckten Walles ausgestreut ist. Ferner geben sechs dicht gewundene Magnesiumbänder annähernd nur die Häfte des Lichteffektes als dasselbe Quantum, wenn man das Band nacheinander verbrennt oder die Drähte in einiger Entfernung nebeneinander entzündet. Daraus dürfte es sich ungezwungen erklären lassen, daß die kleinere Lichtfläche eines entzündeten kompakten Magnesiumhaufens in explosiver Mischung weniger Licht aussendet, als die viel breitere Lichtfläche des in eine Flamme geblasenen Magnesiumpulvers, welches sich wie eine Staubwolke breit verteilt. In der Mitte zwischen beiden steht das langsam verbrennende, aber nur eine kleine Flammenzunge gebende Magnesiumband.

In neuerer Zeit stellte Eder genaue photometrische Untersuchungen der chemischen Helligkeit von brennendem Magnesium, Aluminium und Phosphor an (Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wissensch. in Wien, mathem.-naturw. Klasse, 1903, Bd. 112, Abt. IIa, S. 249).

Wir teilen diese Arbeit im nachfolgenden mit.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

A) Photometrie des Magnesiumlichtes.

Nicht selten wird brennendes Magnesiumband als Normallichtquelle bei photochemischen Versuchen benutzt, seitdem Bunsen und Roscoë vor einem halben Jahrhundert angegeben hatten, daß die Verbrennung von Magnesium ein einfaches und sicheres Mittel zu photometrischen Maßbestimmungen darbietet[1]). Magnesiumdraht über 10 mm Länge soll nach diesen Angaben konstant sein, kürzere Drahtlängen gaben relativ geringere optische Helligkeit, jedoch erklärten Bunsen und Roscoë selbst, daß ihre optischen Helligkeitsbestimmungen nicht genau seien, weil die Farbentönung von Magnesium- und Kerzenlicht in dem von ihnen benutzten Fettfleckphotometer stark verschieden sei. Nach Roscoë soll Magnesiumdraht, von welchem in einer Minute 0,12 g bei einer Länge von 0,987 m verbrennen, die Lichtintensität von 74 Stearinkerzen geben. Bunsen fand auch, daß Sauerstoff die Helligkeit des Magnesiumlichtes sehr steigert, nämlich auf 110 Kerzen[2]).

Nach Troost entwickelt Magnesiumdraht von 97 mm Länge und 0,33 mm Dicke bei seiner Verbrennung soviel Licht (optische Helligkeit) als 64 Kerzen und die Intensität steigt auf 110, wenn die Verbrennung in Sauerstoff geschieht[3]).

Eder versuchte vor längerer Zeit[4]) die chemische Wirksamkeit des Magnesiumlichtes für photographische Zwecke zu messen und erzielte mit dem damals zur Verfügung stehenden, für technische Zwecke genügend genauen Warnerke-Sensitometer pro 0,05 g Magnesium für Bromsilbergelatine die chemische Leuchtkraft von 11400 Kerzen Meter-Sekunden (bezogen auf Hefnerkerzen oder HMK.). Später fand Eder, daß die bräunlich gefärbten Skalen des Warnerke-Sensitometers die Lichtqualität beeinflussen und begründete die Forderung, bei sensitometrischen Versuchen das zu untersuchende Licht frei einfallen zu lassen[5]).

Für technisch-photographische Zwecke fallen diese Differenzen allerdings nicht stark ins Gewicht, wenn man unter sonst gleichen Verhältnissen arbeitet.

Die Eignung des Magnesiumlichtes als Lichteinheit für genaue photometrische Versuche ist aber noch nicht festgestellt und es ist hierfür, wie ich zeigen werde, nicht ohne weiteres zu verwenden.

B) Bestimmung der optischen Helligkeit des an der Luft brennenden Magnesiumbandes.

Ein kurzes Stück brennendes Magnesiumband gab bei Eders Versuchen (in Übereinstimmung mit Bunsen) geringere optische Helligkeit als ein langes Stück Band. Der Grund liegt wahrscheinlich darin, daß während des Brennens das Magnesiumband sinkt, so daß ein immer länger werdendes brennendes Stück nach abwärts hängt. Man muß in einer Magnesiumlampe mit Uhrwerk abbrennen und auch bei Anwendung einer solchen erscheint die entwickelte Helligkeit unverhältnismäßig größer, wenn ein lang herabhängendes Stück Magnesium auf einmal brennt, weil offenbar hierbei die Flammentemperatur steigt.

---

1) Bunsen und Roscoë, Pogg. Ann. d. Phys. Bd. 101, S. 235; Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften, Nr. 38.

2) Annal. Chemie und Pharm. 1852, Bd. 82, S. 144.

3) Pogg. Annal. Phys. und Chem. 1865, Bd. 201, S. 644.

4) Eder, Ausführl. Handb. der Phot., 2. Aufl., Bd. I, Abt. 1, S. 457.

5) Siehe Eders Abhandl.: System der Sensitometrie photographischer Platten; diese Sitzungsber., Bd. 108, Abt. IIa., 1899.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Eder benutzte bei seinen Versuchen eine präzis konstruierte optische Bank von Krüß, mit einzuschaltenden grünen und roten Gläsern im Sinne von Webers Angaben[1]) versehen. So konnte Eder aus der Relation der Helligkeit für Grün und Rot die optische Helligkeit des brennenden Magnesiums mit größerer Genauigkeit als Bunsen und Troost bestimmen.

Bei Eders Versuchen gab Magnesiumband, von welchem 7,4 mg pro Sekunde (in der Lampe mit Uhrwerk) verbrennen, die optische Helligkeit = 135 Hefnerkerzen[2]). In engen Grenzen nimmt die optische Helligkeit proportional der pro Sekunde verbrannten Magnesiummenge zu oder ab.

C) Bestimmung der chemischen Helligkeit des brennenden Magnesiums.

Eder klemmte bei seinen Versuchen über die chemische Helligkeit brennenden Magnesiumbandes das letztere horizontal, mit der schmalen Seite nach oben, ein und entzündete es mittels eines Bunsenbrenners, dessen aufgesetzter Schornstein die Flamme bis nahe zur Spitze abblendete.

Die Art des Entzündens ist für den photometrischen Effekt der Gesamtmasse Magnesium nicht gleichgültig[3]). Das in die Flamme gehaltene Stück Magnesium brennt langsam an, hält man es zu weit hinein, so schmilzt es und verascht ohne hell aufzubrennen und diese Partie gibt dann weniger Licht. Mitunter bildet das Verbrennungsprodukt MgO eine Art Röhre, welche den Austritt des Lichtes hemmt und so sind mehrere Quellen zur Unregelmäßigkeit der Lichtemission gegeben und zwar ist dies um so störender, je kürzer das Magnesiumband ist.

a) Frei einstrahlendes Magnesiumlicht auf Bromsilbergelatine.

Es wurde ein Stückchen Magnesiumband[4]) vom Gewichte 2,6 mg in der Distanz von 44,5 m vor einer Bromsilbergelatineplatte abgebrannt und der Effekt einer Hefnerschen Amylflamme im Abstande von 12 m während stufenweise steigender Belichtung von $^1/_2$ bis 3 Minuten verglichen. Entwickler: Eisenoxalat. Die Schwärzung wurde gemessen und gefunden für Bromsilber: Chemische Helligkeit pro 1 mg Magnesium = 435 Hefner-Meter-Sekunden (HMS.).

b) Frei einstrahlendes Magnesiumlicht auf Chlorsilbergelatine.

Wurde unter analogen Verhältnissen geprüft. Verbrannt wurden 13 bis 16 mg Magnesium im Abstande von 3 bis 5 m: Chemische Helligkeit pro 1 mg Mg = 872 HMS.

c) Relative Aktinität des Magnesiumlichtes für Bromsilber und Chlorsilber.

Setzt man die optische Helligkeit des Magnesiumlichtes = 135 Hefnerkerzen, wenn 7,4 mg Mg pro Sekunde verbrennen, so würde dieses Quantum Magnesium für

---

1) L. Webers Photometer, von Franz Schmidt und Haensch in Berlin.

2) Amylazetatlampe von Hefner; geprüft von der physikalisch-technischen Reichsanstalt in Charlottenburg.

3) Englisch hängte Magnesiumbandstücke an den Enden eines Drahtsternes auf, so daß bei der Drehung des Sternes die Stücke in die Spitze der Bunsenflamme kamen. Trotzdem beobachtete er zuweilen Schwankungen über 5% Lichtstärke vom Mittelwerte (Englisch, Schwärzungsgesetz der Bromsilbergelatine, 1901).

4) 1 cm des von mir benutzten Magnesiumbandes wog durchschnittlich 0,0065 g.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Bromsilber die chemische Wirkung $435 \times 7{,}4 = 3219$ HMS., für Chlorsilbergelatine $= 872 \times 7{,}4 = 6453$ HMS. äußern.

Daraus ergibt sich die relative Aktinität[1]) des Magnesiumlichtes (Magnesium an der Luft brennend) für Bromsibergelatine = 23,8, für Chlorsilbergelatine = 47,8.

d) Chemische Wirkung von Magnesiumlicht (an der Luft), welches durch farblose Gläser fällt, auf Bromsilbergelatine.

Eder benutzte ein Röhrenphotometer eigener Konstruktion[2]), dessen Bohrlöcher nicht in arithmetischer Progression zunehmen wie bei H. W. Vogels Röhrenphotometer, sondern in Helligkeitsabstufungen nach einer geometrischen Progression, welche genau den Scheinergraden entspricht, d. i. 1 : 1,27. Bei Eders Röhrenphotometer wird die geringste Helligkeit durch ein Bohrloch von 0,5 mm Durchmesser am Ende einer 10 cm langen Röhre erzeugt (Nr. 20 Eders Photometer), während die hellste Stelle (Nr. 1) 25 Löcher à 1 mm aufwies. Die Helligkeitsgrenzen lagen also zwischen 1 und 100. Das einfallende Licht muß diffus gemacht werden, damit es die am andern Ende der Röhren angebrachten photographischen Platten gleichmäßig schwärzt.

Man kann nach Vogels Vorgang das Licht durch Reflexion von weißem Papier diffus machen und benötigt dann mit Eders Röhrenphotometer bei einem Abstande desselben vom weißen Zeichenpapier von ca. 1 m, in der Nähe eines Zimmerfensters, einige Sekunden Belichtungszeit; Eder schaltete für seine Versuche sechs mattierte, farblose Spiegelglasscheiben ein, sie dämpften das Ultraviolett bei $\lambda < 3800$ und absorbierten bei $\lambda < 3300$ völlig, wodurch der chemische Effekt des Magnesiumlichtes im Vergleiche zur Amyllampe stärker geschwächt wurde. Immerhin entsprechen diese Verhältnisse gut den in der angewandten Photographie vorhandenen Verhältnissen (Lichtabsorption in Objektiven usw.); allzuviel Lichtwirkung geht nicht verloren, weil eben das Licht des brennenden Magnesiumoxyds nicht allzuweit ins Ultraviolett reicht[3]), sondern schon bei $\lambda < 3600$ bis 3400 keine ausgiebige photographische Wirkung äußert.

Bei den folgenden Versuchen zeigen kleine, nur 1 cm lange Stückchen von Magnesiumband in ungünstigen Fällen Schwankungen chemischer Helligkeit bis $\pm 20\%$. Bei längeren Stücken sind die Schwankungen geringer (ca. 10%) und können durch ganz präzise, gleichartige Weise des Abbrennens weiter herabgesetzt werden[4]); aber auch in günstigen Fällen beobachtete ich Helligkeitsschwankungen von $\pm 7\%$.

---

1) D. i. das Verhältnis ihrer photographischen Helligkeit dividiert durch das Verhältnis ihrer optischen Helligkeit. Vgl. Eders Abhandlung: „System der Sensitometrie photographischer Platten", III. Abhandlung, 1901; diese Sitzungsber., Bd. 110, Abt. IIa., S. 1103.

2) Auf Scheiners Photometer bezog Eder sein System der Sensitometrie und führte dies auch konsequent bei diesen Untersuchungen weiter.

3) Siehe Eder, Das Flammen- und Funkenspektrum des Magnesiums. Denkschrift d. k. Akad. d. Wissensch. Wien, 1903.

4) Die Ursache, warum längere Magnesiumbänder konstantere Helligkeit liefern als ganz kurze Stückchen, mag darin liegen, daß die Störung (Dämpfung) der Lichtemission sich namentlich in der ersten Phase des Entzündens und dann wieder beim Abbrennen des letzten Restes von Magnesiumband äußert. — Nimmt man eine progressive Belichtung durch Abbrennen von mehreren Stückchen Magnesiumband à 1 cm

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Chemische Leuchtkraft des an der Luft brennenden Magnesiumlichtes nach dem Durchgange durch farbloses Glas.

Bezogen auf Bromsilbergelatine und verglichen mit Amylazetatlicht.

Gewicht des verbrannten Magnesiums	Länge des Magnesiumbandes	Je 1 mg Magnesium hat die Wirkung in HMS.
0,005 bis 0,007 g	1 cm	270 HMS.
0,030	5	285
0,065	10	325

Wie man aus dieser Tabelle sieht, liefern kleine Stückchen Magnesiumband relativ weniger Licht als größere Stücke[1]). Bei Bändern von ca. 20 cm Länge beobachtete ich in mehreren Fällen die chemische Helligkeit $J =$ über 400 HMS. pro 1 mg Magnesium.

Man darf also nach diesen Ergebnissen niemals das Licht von 10 einzelnen Stückchen Magnesiumband von 1 cm gleichsetzen dem Licheffekte von 10 cm auf einmal verbrannten Magnesiumbandes.

e) Magnesiumlicht (an der Luft brennend) auf orthochromatische Platten.

Bei einer anderen Versuchsreihe verglich Eder die Wirkung von 46 bis 104 mg Magnesiumband im Abstande von 1 bis 7 m mit der Wirkung einer Amylazetatlampe im Abstande von 1 m und einer Wirkungsdauer von 5 bis 10 Minuten (Röhrenphotometer mit sechs Mattgläsern) bei orthochromatischen Platten.

Es ergab sich, daß 1 mg Magnesium auf Erythrosinplatten (Bromsilbergelatine + Erythrosin) durchschnittlich den Effekt = 192 HMS. ausübt, es wirkt also für gelbgrünempfindliche orthochromatische Platten das Magnesiumlicht nicht um so viel kräftiger als Amyllicht, wie dies bei gewöhnlichen (nur für Blauviolett und Ultraviolett empfindlichen) photographischen Platten der Fall ist.

Dementsprechend ändert sich auch die relative Aktinität des Magnesiumlichtes und wird wesentlich kleiner als für gewöhnliche Bromsilberplatten.

f) Magnesium als Normallichtquelle zur Photographie und Sensitometrie photographischer Platten.

Die im Spektrum des brennenden Magnesiums auftretenden kräftigen Magnesiumoxydbanden λ 5007 bis λ 4900 im Vereine mit den relativ schwächeren grünen Magnesiumtriplet bei λ 5183 bis λ 5167 zerreißen die Kontinuität des vom weißglühenden, pulverigen Magnesiumoxyd ausgestrahlten kontinuierlichen, sichtbaren Spektrums beträchtlich. Die genannten grünen Lichtstrahlen drängen sich so sehr hervor, daß sie bei

---

Länge vor, so kann man sich durch genaue Schwärzungsmessungen der belichteten photographischen Platten überzeugen, daß der Belichtungseffekt variabel ist und mitunter zufällig den Anschein einer „Periodizität" annimmt; die Unterschätzung oder Vernachlässigung dieses Phänomens kann zu Selbsttäuschungen führen.

1) Auch Englisch fand dasselbe und gab an, daß nur für kurze, nicht aber für längere Stücke von Magnesiumband die chemische Lichtstärke proportional der Länge ist, ohne daß er die entwickelte Lichtmenge photometrisch genauer bestimmt hätte (a. a. O.).

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

photometrischen (sensitometrisch-photographischen) Messungen die grüne Spektralzone im Vergleiche zur blauvioletten viel heller erscheinen lassen als im diffusen Tageslichte[1]).

In dieser Hinsicht untersuchte Eder die relative Helligkeit des von weißem Papier reflektierten Tages- und Magnesiumlichtes unter Anwendung von orthochromatischen (für Gelbgrün mittels Erythrosin sensibilisierten) Platten unter Vorschaltung von spektralanalytisch genau charakterisierten blauen und gelben Lichtfiltern[2]) und fand die Platten gegen Magnesiumlicht doppelt so empfindlich im Gelbgrün als gegen Tageslicht, wenn die beiden Lichtarten auf dieselbe Helligkeit (photographische Wirksamkeit) im Blauviolett gebracht waren.

Bestimmt man also aktinometrisch die relative Grün- und Blauempfindlichkeit einer photographischen Schichte bei Magnesiumlicht, so gelten diese Zahlen nicht für diffuses Tageslicht. Es macht somit Schwierigkeiten, brennendes Magnesium als Normallichtquelle für photometrisch- oder sensitometrisch-photographische Zwecke in Übereinstimmung mit dem Verhalten gegen Tageslicht zu bringen, sobald man sich nicht auf lediglich blauviolettempfindliche photographische Schichten beschränkt, sondern orthochromatische Platten oder dergl. verwendet, bei welchen auch ihre Grünempfindlichkeit in Betracht kommt.

Amyl- oder Benzinlicht, welches ein kontinuierliches Spektrum aufweist, ist bei photometrischen Zwecken leichter mit dem Tageslichte in bestimmte Relation zu bringen als das durch hell aufleuchtende einzelne Banden zerrissene Spektrum des brennenden Magnesiums, welches letztere sich zufolge dieser Eigenschaft noch ungünstiger stellt als das gleichfalls nicht streng kontinuierliche Licht gewöhnlichen elektrischen Kohlenflammenbogens[3]).

Nach dieser Sachlage erscheint das von H. W. Vogel seinerzeit vorgeschlagene System der absoluten Sensitometrie photographischer Platten mittels eines Röhrenphotometers „unter Anwendung einer mit Magnesiumlicht erhellten weißen Papierfläche als Normallichtquelle“[4]) nicht empfehlenswert. Es ist auch nicht empfehlenswert für relative Sensitometrie von Platten stark verschiedener Farbenempfindlichkeit, wegen der erwähnten spektralen Zusammensetzung des Magnesiumlichtes, abgesehen davon, daß brennendes Magnesium sich durchaus nicht dem Ideale einer konstanten Normallichtquelle nähert.

g) Magnesium, in Sauerstoff verbrennend,

gibt wesentlich mehr Licht als an der Luft, wie bereits Bunsen (s. o.), Troost (s. o.), Abney[5]) u. a. angeben und was zur Verwendung solchen Lichtes zu photographischen Aufnahmen führte[6]).

---

1) Siehe Eders Abhandlung: „Das Flammen- und Funkenspektrum des Magnesiums“ 1903.

2) Kupferoxydammoniak und Kaliummonochromat entsprechend Eders „System der Sensitometrie photographischer Platten“.

3) Das Bremerlicht mit dem stark ausgebildeten Kalziumbogen zeigt aber noch mehr Diskontinuität als das Magnesiumlicht.

4) Eder, Ausführl. Handb. d. Photogr., 2. Aufl., Bd. I, 2. Hälfte, S. 413.

5) Abney, Instruction in Photography, London 1892, S. 266. — Nach Abney ist der Effekt von einem engl. Grain Magnesiumband, in Sauerstoff verbrannt, photographisch äquivalent 6 bis 12 Grain Magnesium, an der Luft verbrennend.

6) M. Kiesling (Phot. Mitt., Bd. 35, S. 137; Bd. 36, S. 392). Über andere Versuche vgl. Eders Jahrbücher für Phot.; ferner Eder, Ausf. Handb. d. Phot., 2. Aufl., I. Bd., I. Abt , S. 501 und 502.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Da genauere aktinometrische Versuche fehlen, so verbrannte Eder Magnesiumband in mit Sauerstoff gefüllten Literkolben (Zündung durch Durchleiten eines elektrischen Starkstromes) und bestimmte die Wirkung parallel mit analog angeordneter Verbrennung von Magnesium in einem mit Luft gefüllten Kolben. Die Dämpfung durch Rauch und Glas war also in beiden Fällen analog. 1 mg Magnesiumband an der Luft ergab unter diesen für die Lichtemission ziemlich ungünstigen Verhältnissen für Bromsilber die Wirkung = 266 HMS., dagegen 1 mg Magnesium, in Sauerstoff verbrennend = 769 HMS. Es wird also im Sauerstoffkolben die Wirkung des brennenden Magnesiums auf Bromsilber ungefähr verdreifacht, wobei Glasabsorption mitspielt.

h) Magnesiumpulver, durch eine Gasflamme geblasen (Magnesiumpustlicht).

Bläst man Magnesiumpulver durch eine Bunsen-Gasflamme (0,02 bis 0,05 g Magnesium), so entwickelt 1 mg verbranntes Magnesiumpulver je nach der Art des Durchblasens und Abbrennens für Bromsilber, beim Durchgange durch farblose Gläser (analog der Versuchsreihe *d*), die chemische Wirksamkeit = 294, 472 und 389 HMS., also im Mittel 385 HMS.

Es entwickelt also Pustlicht bei derselben Menge verbrannten Magnesiums durchschnittlich etwas mehr wirksames Licht als an der Luft verbrennendes Magnesiumband. Für die photographische Praxis ist dies aber von geringer Bedeutung.

i) Magnesium, gemischt mit sauerstoffhaltigen Substanzen (Magnesiumblitzlichtpulver).

Bekanntlich brennt Magnesium in Gemischen mit sauerstoffreichen Substanzen (Chloraten, Nitraten, Permanganaten usw.) leicht unter heller Lichtentwicklung ab (Blitzlichtpulver).

Ganz kleine Quantitäten solcher Blitzlichtpulver brennen ungleichmäßig ab. Verwendet man aber 1 bis 2 g, besser 3 bis 4 g Magnesiumpulver (mit entsprechendem Zusatz von Sauerstoff abgebenden Substanzen), so erzielt man bessere Resultate und die entwickelte Lichtmenge ist einigermaßen konstant.

Für photographisch praktische Zwecke nimmt man an, daß die entwickelte Lichtmenge hauptsächlich von der Menge des verbrannten Magnesiummetalls abhängt.

Die photometrische Bestimmung zeigt aber, daß die relative Aktinität für verschiedene photographische Präparate von der Beschaffenheit der beigemengten sauerstoffreichen Salze abhängt und vom Emissionsspektrum dieser Metallsalze beeinflußt wird.

So z. B. gibt Magnesium gemischt mit gleichen Teilen Kalisalpeter für Bromsilber nur drei Viertel jener photographischen Wirkung als ebensoviel Magnesium in Gemischen mit Hypermanganat[1]).

Müllers Magnesiumblitzlichtpulver mit Chlorat + Perchlorat[2]) ist ebenso wirksam wie das mit Permanganat. Bei Eders Versuchen gaben 2 g Magnesiumpulver in beiden letztgenannten Gemischen den Effekt von 400000 HMS oder pro 1 mg Magnesium den Lichteffekt von 200 HMS., d. i. also weniger als in Form von Pustlicht und noch weniger als Magnesium, in Sauerstoff verbrennend.

---

1) 4 Teile Magnesiumpulver, gemischt mit 3 Teilen gepulvertem trockenen Kaliumpermanganat.

2) 30 Teile Kaliumperchlorat, 30 Teile Kaliumchlorat, 40 Teile Magnesiumpulver (s. Eder, Ausführl. Handbuch der Phot., 2. Aufl., Bd. I., Abt. I, S. 515).

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Es gibt also das Pustlicht bei relativ weniger Rauch mehr Lichteffekt als die erwähnten Magnesiumblitzlichtpulver.

Immerhin geben diese Explosivpulver keine schlechtere Konstanz der Helligkeit als Magnesiumband, wobei die explosionsartigen, stark zerstreuend abbrennenden Blitzlichtpulver sich günstiger verhalten als langsam in der Masse verglimmende.

D) Chemische Helligkeit von verbrennendem Aluminium.

Blattaluminium, durch den elektrischen Strom glühend gemacht, brennt an der Luft ziemlich schlecht, mit mäßiger Lichtentwicklung; — in Sauerstoff aber mit großer Lichtintensität und blitzschnell, fast gleich einer Verpuffung.

Die große Lichtemission des in Sauerstoff brennenden Aluminiums beobachteten vor vielen Jahren zuerst Wöhler[1]), dann Gorup Besanez[2]) und Martin Kiesling[3]) verwendete das in Sauerstoff verbrennende Blattaluminium zu photographischen Aufnahmen.

Bei Eders Messungen gab 1 mg Blattaluminium beim Verbrennen an der Luft den Effekt (für Bromsilber) von nur 14 HMK. (!)

Dagegen liefert 1 mg Aluminium[4]) in Sauerstoff[5]) beim Verbrennen die chemische Helligkeit = 715 bis 824 HMS. für gewöhnliche Bromsilbergelatine.

Bei Versuchen mit orthochromatischen Platten (Erythrosin-Bromsilbergelatine) zeigte das Aluminiumlicht nicht diese große Überlegenheit über Amyllicht, sondern 1 mg Aluminium entsprach nur 368 HMS.

Aluminiumpulver zu gleichen Teilen mit Kaliumperchlorat gemischt, gibt ein gutes Blitzlichtpulver; 0,2 bis 0,4 g davon brennen gut ab und dann entwickelt sich pro 1 mg Aluminium Licht von der Wirksamkeit = 232 HMS. (für Bromsilbergelatine).

E) Chemische Helligkeit des Lichtes von brennendem Phosphor.

Werden 0,3 g Phosphor in einem sehr geräumigen, dünnwandigen Becherglase in Sauerstoff verbrannt[6]), so entwickelt sich blendend weißes Licht und zwar ist die chemische Lichtintensität für Bromsilber pro 1 mg Phosphor = 84,5 HMK., welche Zahl eine Minimalzahl ist, weil im Becherglase viel Rauch geblieben war.

Unter ganz analogen Verhältnissen liefert der an der Luft verbrennende Phosphor pro 1 mg nur die chemische Helligkeit von 2,8 HMK.

Phosphorlicht hat also im Vergleiche mit dem Magnesium- und Aluminiumlichte als Lichtquelle für chemisch wirksame Strahlen keine Bedeutung.

Über die chemische Leuchtkraft (für Bromsilbergelatine) und Verbrennungsdauer verschieden zusammengesetzter Magnesiumblitzlichtpulver stellte Fr. Novak im Anschluß an des Verfassers Versuche genaue Messungen an[7]). Wir entnehmen dieser Abhandlung folgendes:

---

1) Pogg. Ann., Bd. 11, S. 146.

2) Ann. Chem. Pharm. 1867, Bd. 142, S. 376.

3) Phot. Mitt., Bd. 37, S. 102.

4) Es wurden mehrere Blätter Aluminium im Gewichte von 0,03 bis 0,06 g verbrannt und der Effekt von je 1 mg daraus berechnet.

5) Glasflasche, Photometer mit 6 Glasscheiben.

6) Entzündung durch Erwärmung von außen.

7) Phot. Korresp., August 1907.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Die Bestimmung der photographisch wirksamen Lichtmenge wurde mit Hilfe des Ederschen Röhrenphotometers durchgeführt (s. Seite 186, wobei gewöhnliche Bromsilbergelatinetrockenplatten zur Aufnahme verwendet wurden. Dadurch wurde die chemische Leuchtkraft auf Bromsilbergelatine in Kerzen-Meter-Sekunden (HMS.) bestimmt (bezogen auf die Hefner-Amylazetatlampe als Einheit). Vor dem Sensitometer wurden drei Scheiben aus mattem Glas befestigt; das Blitzlicht wurde 6 m vom Sensitometer mit Hilfe elektrischer Zündung abgebrannt. Die Blitzlichtgemenge, die in die Untersuchung einbezogen wurden, enthielten 1 g Magnesium.

Die Bestimmung der Verbrennungsgeschwindigkeit erfolgte mit dem Apparate von Rheden (s. Seite 610).

Bezüglich der Herstellung der Blitzlichtgemische wäre noch allgemein zu bemerken, daß die einzelnen Zusätze für sich allein feinst gepulvert und dann erst auf Glanzpapier mit dem Magnesiumpulver gemischt wurden. Diese Vorsichtsmaßregel ist wegen der Gefährlichkeit mancher Blitzlichtgemenge, die sich durch Reibung oder Stoß schon entzünden, von größter Wichtigkeit.

Nachstehende Tabelle enthält die erzielten Versuchsresultate, wobei erwähnt sei, daß Gemische von Magnesiumpulver mit Kadmiumnitrat und Zinknitrat bis jetzt überhaupt noch nicht untersucht worden waren.

Gemische von 1 g Magnesium mit folgenden, vollkommen trockenen Präparaten	Relative chemische Leuchtkraft in bezug auf Bromsilbergelatine in Kerzen-Meter-Sekunden (HMS.)	Verbrennungsgeschwindigkeit in Sekunden
$^3/_4$ g Kaliumpermanganat	173,000	0,120
1 g Kaliumnitrat	36,000	0,070
1 g Baryumnitrat	60,000	0,070
1 g Strontiumnitrat	84,000	0,105
1 g Thoriumnitrat	281,000	0,220
$^3/_4$ g Thoriumnitrat	332,000	0,230
$^1/_2$ g Thoriumnitrat	358,000	0,240
1 g Zirkonnitrat	237,000	0.240
1 g Cerinitrat	173,000	zirka 1 Sekunde
1 g Zinknitrat	173,000	0,250
$^1/_2$ g Zinknitrat	282,000	0,270
1 g schwach basisches Kadmiumnitrat	399,000	0,300
1 g Wolframsäure	20,000	zirka 1 Sekunde
1 g molybdänsaures Ammonium . .	86,000	„ 1 „

Unter den Gemischen, welche untersucht wurden, ergab die größe Leuchtkraft (photographische Wirksamkeit auf Bromsilbergelatine nach dem Passieren des Lichtes durch Glas) dasjenige mit Kadmiumnitrat. Dann folgt das Gemisch mit Thoriumnitrat. Aus der Tabelle ist weiter sofort ersichtlich, daß die Variierung des Thoriumnitratgehaltes eine Änderung der Leuchtkraft bedingt; am günstigsten ist das Verhältnis $^1/_2$ Teil Thoriumnitrat mit 1 Teil Magnesiumpulver. Das Cerinitrat ist zu Blitzlichtgemischen nicht zu verwenden, weil es zu langsam abbrennt. Wohl aber dürfte es sich wegen seiner ziemlich beträchtlichen Leuchtkraft gut zu Zeitlichtgemischen eignen, wobei die Verbrennungsgeschwindigkeit allerdings durch geringe Beimengungen von indifferenten Stoffen noch weiter verringert werden müßte. Als sehr hell muß auch

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

das Gemenge von $^1/_2$ Teil trockenem Zinknitrat und 1 Teil Magnesiumpulver bezeichnet werden. Die Gemenge von Wolframsäure und molybdänsaurem Ammon haben wegen zu geringer Leuchtkraft und zu langsamen Abbrennens keine praktische Bedeutung.

Was die Verbrennungsgeschwindigkeit anbelangt, so verbrennen unter den vorliegenden Proben am raschesten die Gemenge mit Kaliumnitrat und Baryumnitrat. Die Verbrennungsgeschwindigkeit der Präparate, welche die größte Leuchtkraft ergaben, nämlich der Gemenge mit Kadmiumnitrat und Thoriumnitrat ist zwar viermal, resp. dreimal länger als die des Kaliumnitratgemenges, aber nach den praktischen Proben ist diese Geschwindigkeit noch vollständig ausreichend, um gute Aufnahmen zu liefern, wobei diese Gemenge den Vorteil einer mehr als neun- bis zehnmal so großen photographischen Wirksamkeit auf Bromsilbergelatine als das Kaliumnitratgemisch besitzen.

Was die Menge des entwickelten Rauches anbelangt, so ergab sich die Regel, daß bei den vorliegenden Proben in dem Maße als die Leuchtkraft zunimmt, sich die Menge des entwickelten Rauches verringerte. Am meisten Rauch lieferte unter den Blitzlichtgemischen das mit Kaliumnitrat, am wenigsten die Gemenge mit Thoriumnitrat und Kadmiumnitrat.

Über die relative chemische Leuchtkraft und Verbrennungsdauer verschiedener Zeitlichtgemische von Franz Novak s. Seite 557.

Über die Aktinität verschiedener elektrischer Bogenlampen für photographische Kopierzwecke

stellte Paul v. Schrott[1]) genaue Versuche an.

Die Untersuchung befaßte sich vor allem mit der Quecksilberquarzlampe von Dr. Küch, sodann mit gewöhnlichen Quecksilberdampflampen und schließlich mit verschiedenen Kohlensorten für Effektbogenlampen. Die Untersuchung der chemischen Helligkeit erfolgte mit Hilfe des Vogelschen Seidenpapierphotometers und des Normalfarbenphotometers. Bei Anwendung des ersteren zeigte sich, daß die bisher in der photographischen Praxis gemachte Annahme, daß die Absorptionskonstante eines solchen Photometers für alle Lichtquellen dieselbe sei, nicht zutreffe, vielmehr dieselbe für jede Lichtquelle einen anderen Wert annehme, so zwar, daß das kurzwellige violette Licht in höherem Maße vom Seidenpapier absorbiert wird, als das langwellige. Während die Konstante bei Belichtung mit einer Scheinerschen Benzinlampe bei Verwendung von Bromsilbergelatine mit Hervorrufung 1,283 betrug, war bei Verwendung des später beschriebenen Chlorsilber-Normalpapieres für eine Glühlampe die Konstante 1,36, für rote Effektkohle 1,486, für die Quarzlampe 1,74.

Da das Vogel-Photometer mit einer Glasplatte bedeckt war, wurden die ultravioletten Strahlen bis zur Wellenlänge λ 300 absorbiert und daher bei der Messung nicht in Betracht gezogen, was ja mit Rücksicht auf die in der Praxis verwendeten Glasscheiben der Kopierrahmen berechtigt ist. Als Normalpapier wurde das von Eder angegebene Normal-Chlorsilberkaliumnitritpapier verwendet[2]) [siehe S. 144].

Als Normalfarbe konnte die Bunsensche Normalfarbe (1 Teil Ruß, 1000 Teile Zinkoxyd mit sehr verdünnter Gelatinelösung auf weißem Karton aufgestrichen) wegen

---

1) Phot. Korresp., Sept. 1909; Zeitschr. f. wissensch. Phot. 1909; Eders Jahrb. f. Phot. 1910, S. 351.

2) Phot. Korresp. 1909, Juliheft.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Lichtquelle	Gesamte Lichtintensität (optisch)	Wattverbrauch der Lichtquelle allein ohne Vorschaltwiderstand	Wattverbrauch von Lichtquelle + Vorschaltwiderstand, Spannung = 110 Volt	Ökonomie der Lichtquelle ohne Vorschaltwiderstand	Ökonomie der Lichtquelle + Vorschaltwiderstand	Chemische Helligkeit für 1 Stunde Exposition, 1 m Distanz: für Chlorsilberpapier	Chemische Helligkeit für 1 Stunde Exposition, 1 m Distanz: für gelbes Pigmentpapier	Relative Aktinität, bezogen auf die Glühlampe = 1	Chemische Ökonomie für Chlorsilberpapier, Glühlampe = 1,1·2 Watt pro 1 HK	Chemische Ökonomie für gelbes Pigmentpapier	Verlust der ultravioletten Strahlung durch Glas in %
Metallfadenglühlampe	40,25	48,3	48,3	1,2	1,2	0,414	—	1	1	—	—
Effektkohle, rot	1010	609	1650	0,602	1,63	58,2	18,3	5,6	0,243	0,82	50
Effektkohle, gelb	1990	595	1738	0,3	0,875	82,5	25	4	0,152	0,502	37
Gewöhnliche Bogenlampe	2500	990	2180	0,396	0,875	115	64,5	5,65	0,129	0,29	30
Effektkohle, weiß (blaustichig) . . .	1990	589	1628	0,297	0,845	320	6,1	15,5	0,045	0,24	25
Effektkohle, weiß (rotstichig) . . .	2940	600	1694	0,221	0,62	355	7,4	11,7	0,0445	0,214	45
Quecksilberdampflampe (gewöhnlich) .	765	258	437	0,34	0,57	53	3,3	6,7	0,0715	1,15	—
Quecksilberdampflampe (Quarz) . . .	1300	352	484	0,27	0,37	267	16,7	20,7	0,015	0,24	83

SLUB Wir führen Wissen.
gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

des zu raschen Anlaufens des Kopierpapieres nicht gut verwendet werden, es wurde deshalb ein dunklerer Normalton, und zwar auf 1000 Teile Zinkoxyd 10 Teile Ruß verwendet.

Die gefundenen Resultate sind in der vorstehenden Tabelle zusammengestellt.

Beim Wattverbrauch der Lampen wurde einerseits der effektive Stromkonsum, anderseits derselbe bei Schaltung der einzelnen Lampe in einem Netze von 110 Volt unter Berücksichtigung der im Vorschaltwiderstand nutzlos verlorenen Energie angegeben.

Die gefundenen Werte der chemischen Intensität wurden auf eine Distanz der Lichtquelle vom Photometer von 1 m und die Expositionszeit von 1 Stunde umgerechnet. Da die chemische Wirkung einer Normalbenzinlampe zu schwach war, wurde eine 110voltige Metallfadenlampe von 40,25 HK. Helligkeit und der Beanspruchung von 1,2 Watt pro 1 HK. als Vergleichslichtquelle verwendet und deren relative Aktinität $= \frac{\text{chemische Helligkeit}}{\text{optische Helligkeit}} = 1$ gesetzt.

Die Quarzlampe von Küch nimmt in bezug auf relative Aktinität weitaus den ersten Rang ein. Ebenso ist sie in bezug auf chemische Ökonomie bei Chlorsilberkopien die beste.

Beim Bichromatverfahren werden die Verhältnisse für die Quarzlampe etwas ungünstiger, da das violette Licht auf das gelbe Pigment in geringerem Maße zur Wirkung kommt.

Schließlich wurde auch der Verlust an ultravioletter Strahlung durch Belichtung unter einer Glasplatte im Vergleich mit einer Bergkristallplatte bestimmt.

Bei einem praktischen Versuch zeigten sich die gefundenen und in vorstehender Tabelle mitgeteilten Zahlen voll bestätigt.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

EINUNDDREISSIGSTES KAPITEL.

DIE SPEKTRALE ZUSAMMENSETZUNG DES VON VERSCHIEDENEN BOGENLAMPEN AUSGESENDETEN LICHTES.

I. Spektren des elektrischen Lichtes.

Elektrische Kohlenfadenlampen leuchten je nach ihrer Belastung durch den elektrischen Strom verschieden stark[1]) und mit verschiedenen gelblich- bis bläulich-weißen Farbennuancen. Die schwach glühende Kohlen- oder Metallfadenlampe leuchtet rötlich, die stark (normal) erhitzte gelblich-weiß, die mit überspanntem Strom gespeiste bläulich-weiß, indem sich das Maximum der Energie im Spektrum des emittierten Lichtes mit steigender Temperatur von den längeren zu den kürzeren Wellen hin verschiebt. Das Spektrum derartiger Glühlampen ist kontinuierlich.

Auch bei der Nernst-Lampe, dem Drummondschen Kalklicht, dem Auerschen Gasglühlicht, handelt es sich der Hauptsache nach um Lichtemission eines hell glühenden festen Körpers und ähnliche annähernd kontinuierliche Spektralerscheinungen. Allerdings ist die relative Helligkeitsverteilung der verschiedenfarbigen Zonen der Emulsionsspektren dieser Lichtquellen etwas verschieden.

Über die relative Helligkeit der Farbenbezirke einiger Lichtquellen (nach Köthgen) wurde bereits auf Seite 11 gesprochen. Daraus geht z. B. hervor, daß das Auersche Licht ziemlich dem Sonnenlicht sich nähert; trotzdem es an und für sich grünlich erscheint, hat es dem Sonnenlicht gegenüber immer noch als rötlich zu gelten. Das elektrische Bogenlicht zwischen gewöhnlichen Kohlenelektroden ist der Farbenverteilung im Tageslicht ziemlich ähnlich, ebenso das weiße Moore-Licht.

---

1) Die Änderung der elektrischen Spannung um 1 Prozent bewirkt bei Kohlefäden 6 bis 7 Proz. Änderung der Lichtstärke (bei metallischen Fäden erheblich weniger).

SLUB Wir führen Wissen.
gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Durch Verwendung geeigneter Reflektoren kann bei der indirekten Beleuchtung ein dem Tageslichte an Färbung fast gleich kommendes weißes Licht erzeugt werden.

Als normales „rein weißes" Licht gilt das zerstreute Licht eines wolkenlosen Sommertages um die Mittagszeit (vgl. S. 13).

Das elektrische Kohlenbogenlicht, welches am Abend als bläulichweiß empfunden wird, erscheint gegenüber dem Tageslicht im allgemeinen gelblich. Jedoch ändert sich die Farbennuance nach Art des Bogens. Ein kurzer Bogen, bei dem hauptsächlich das Licht der weißglühenden Kohle zur Geltung kommt ist reiner weiß, als das Licht eines langen Kohlebogens, welcher violett gefärbt ist; bei hochgespanntem Strom und beschränktem Luftzutritt ist das Kohlebogenlicht auffallend violett nuanciert und weist Mangel an Rot auf.

Über die Farbe künstlicher Lichtquellen und über den Lichteffekt der Strahlung stellte W. Voege eingehende Versuche an. Zum Vergleich der Farbe eines künstlichen Lichtes mit dem Tageslicht kann man das Licht durch ein Prisma zerlegen und mit einem Spektralphotometer die Helligkeit in den einzelnen Farben bestimmen. Ein einfacheres Verfahren besteht darin, daß man aus dem Gesamtlicht durch Einschalten eines gefärbten, zweckmäßig vor die Lupe des Photometerkopfes eingesetzten Glases einen bestimmten Spektralbezirk herausblendet und in diesem Licht photometriert. Voege untersuchte nach dieser Methode folgende Lichtquellen: Tageslicht bei bedecktem Himmel, Tantallampe (25 Kerzen), Nernstlampe (80 Kerzen), Petroleumlampe mit Rundbrenner (20 Kerzen), Azetylen (30 Kerzen), gewöhnliche Bogenlampe (8 Ampère), Bremerlampe (8 Ampère), „Carbone"-Lampe (10 Ampère), Flammbogenlampe von Siemens mit weißen, gelben und roten Kohlen, Quecksilberlampe (Quarzlampe von Heraeus). In einer Tabelle (vgl. Originalabhandlung) werden die zahlenmäßigen Resultate mitgeteilt. Der Auerglühkörper ähnelt im Blau der Tantallampe, enthält aber viel weniger Rot. Bei der Osmiumlampe sind die Zahlen für Rot unnormal groß. Ein ausgesprochen diskontinuierliches Spektrum haben das Bremerlicht, das Flammbogenlicht und die Quecksilberlampe; letzterer fehlt das Rot vollständig. Das Licht der Flammbogenlampe mit weißen Kohlen stimmt mit dem Tageslicht sehr gut überein und hat nur im Grün einen Überschuß. Der Lichteffekt einer Strahlung, d. h. das Verhältnis der Energie der sichtbaren Strahlung zu der der Gesamtstrahlung, wird am besten nach dem Verfahren von Angström bestimmt. Nach diesem blendet man nach Zerlegung der Strahlung durch ein Prisma die dunklen Wärmestrahlen ab, vereinigt die Lichtstrahlen wieder durch eine Linse und mißt sie photometrisch und bolometrisch. Die Methode von Wedding, wonach die Wärmestrahlen durch ein vorgeschaltetes Wassergefäß absorbiert werden, ist nicht einwandfrei, da die Wärmestrahlen von verschiedener Wellenlänge und Intensität nicht gleichmäßig vom Wasser absorbiert werden, und es nicht zulässig ist, den photometrisch gemessenen Lichtverlust im Wasser bei der Energiemessung mit dem Bolometer in gleicher Weise prozentual zu berücksichtigen (J. f. Gasbel. Bd. 48, S. 513; Chem. Zentralbl. 1905, Bd. 2 Nr. 12, S. 875, Eders Jahrb. 1906, S. 365).

Villant verglich die Lichtemission von Kohlefadenlampen, Metallfaden- und Nernstlampen („Compt. rend." Bd. 142, S. 81; „Brit. Annual Phys." 1906, S. 728).

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Setzt man die mittleren Intensitäten der drei Lampen gleich und die der Kohlelampen gleich 1, so ist die Tantallampe von λ 523 ab heller, oberhalb 523 dunkler als die Kohlelampe, die Nernstlampe dagegen zwischen λ 638 und λ 488 heller. (Eders Jahrb. f. Phot. 1908, S. 376).

Es wurde bereits mehrmals in diesem „Handbuch" erwähnt, daß die spektrale Zusammensetzung des elektrischen Bogenlichtes zwischen Kohlenelektroden in den verschiedenen Teilen des Flammenbogens eine andere ist.[1])

Die weißglühenden Kohlenelektroden, insbesondere die positive Kohle, senden ein kontinuierliches Spektrum aus, welches im sichtbaren Teil sehr hell ist, an der Grenze des sichtbaren Violett im Ultraviolett allmählich abnimmt, wie Tafel II und VIII zeigen. Man erkennt dies namentlich an Tafel VIII Fig. 8 und 9. Daneben tritt mehr oder weniger deutlich das Bandenspektrum der Kohle, beziehungsweise des Kohlen-Stickstoffs (sog. Cyanspektrum) auf, welches man insbesondere in Tafel V Nr. 1 und VIII sieht. Allerdings ist das kontinuierliche Spektrum einer gewöhnlichen 10 Ampère-Bogenlampe so lichtstark, daß es das Bandenspektrum des Bogens verdeckt, wie insbesondere aus Tafel VIII Fig. 8 und 9 ersichtlich ist. Dieses kontinuierliche Spektrum nimmt an Violett und Ultraviolett ziemlich rasch an Intensität ab, so daß die stärker brechbaren Cyanbänder im Violett und insbesondere im Ultraviolett überwiegen und zur Geltung kommen. Bei länger gezogenen Flammenbogen, insbesondere mit hochgespannten Strömen und bei abgesperrter Luft in Dauerbrand-Hochspannungslampen (z. B. Reginalampe, s. S. 439) treten die violetten und ultravioletten Kohlenbanden so intensiv hervor, daß sie über das kontinuierliche Spektrum dominieren und entscheidend für die violette Farbennuance derartiger Kohlenflammenbogen sind.

Die roten, gelben und anderen weniger brechbaren Strahlen des Spektrums solcher Flammenbogen büßen an Helligkeit ein und die sehr aktinischen violetten und ultravioletten Banden sind nunmehr die Hauptträger der Lichtemission, welche bei geringerer optischer Helligkeit enorme photographische Wirksamkeit auf Brom- und Chlorsilber äußert. Diese Kohlen-Stickstoffbanden von Kohlenelektroden an der Luft im elektrischen Flammenbogen ist namentlich in Tafel V ersichtlich.

---

1) Im elektrischen Flammenbogen zwischen Kohleelektroden lassen sich mehrere Zonen oder Schichten unterscheiden. Der innere Teil (Kern) zeigt eine bläuliche bis violette Färbung und emittiert die Kohlen- und Cyanbänder, welche von der Mitte gegen die Ränder abnehmen; am äußeren Teil treten mehr die von Verunreinigungen der Kohle verursachten Metallinien auf, welche an der äußersten Hülle schwächer werden. (Vgl. Würschmidt, Eders Jahrb. f. Phot. 1911.)

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Die Cyanbande (Nr. 2), deren Kante bei λ 4607 $\mu\mu$ liegt, ist relativ lichtarm. Sehr hell sind dagegen die violette Cyanbande (Nr. 3) mit der Kante bei λ 4216 und die ultraviolette (Nr. 4) bei λ 3884 und 3590, welche in den genannten Tafeln ihren eigentümlichen, nach Ultraviolett abschattierten Komponenten zeigen[1]).

Da die ultravioletten Banden schon in jenen kurzwelligen Spektralzonen liegen, welche durch manche Gläser merklich geschwächt werden, so erklärt dies die Erscheinung, daß Vorschalten von Glas die photographische Wirksamkeit derartigen Bogenlichtes beim Kopierverfahren auf Chlorsilberpapier ungefähr um 30 % schwächt.

Der große photographische Effekt der Hochspannungslampen ist auf die große Helligkeit der genannten violetten und ultravioletten Bänder zurückzuführen.

Für die Photographie farbiger Objekte, für Zwecke der Dreifarbenphotographie ist das weiße Bogenlicht mit kontinuierlichem Spektrum viel besser, als das diskontinuierliche Spektrum des violetten Kohlenbogens, weil das ausgesendete Lichtspektrum bei letzterem gewissermaßen zerrissen ist, viele Farben (namentlich Rot) fast fehlen oder schlecht verteilt sind und deshalb falsche Effekte bei der photographischen Farbenwiedergabe verursachen.

Unsere Tafeln zeigen ferner, daß selbst im Spektrum sogenannter reiner Kohle niemals gewisse Spektrallinien von mineralischen Verunreinigungen fehlen, z. B. treten die Linien des Natriums, Kalziums, im Ultraviolett die sehr charakteristische Liniengruppe des Siliziums und Bor, neben der Kohlenlinie λ 2478, ferner Aluminiumlinien usw. auf. Tafel VIII zeigt ferner, daß das Sonnenspektrum bei weitem nicht so weit nach Ultraviolett verläuft als das elektrische Bogenlicht; noch weiter ins Ultraviolett verläuft das Funkenspektrum.

Die Farbe des Bogenlichtes ändert sich auch je nach der Art der Glocke, mit welcher der Lichtbogen umgeben wird.[2]) Ein Lichtbogen mit Opalüberfangglas erscheint blau, während ein Lichtbogen mit Alabasterglas weißer erscheint. Das Kohlenmaterial ist auch von Einfluß auf die Färbung des Lichtes, besonders auch die chemischen Leuchtzusätze im Docht.

Werden die Kohlenstäbe mit gewissen Mineralsalzen imprägniert, so kann man im Bogenlicht gelbe, rote oder weiße Töne erzeugen (Effektkohlen s. Seite 412 und 456).

Weiße Effektkohlen mit fluorbaryumhältigen Kohlenstiften, geben ein aus zahlreichen Linien bestehendes Spektrum (zumeist dem ele-

---

1) Vgl. Eder und Valenta, Atlas typischer Spektren, Wien 1911.

2) Monasch, „Der elektrische Lichtbogen bei Gleichstrom und Wechselstrom und seine Anwendungen“, 1904, S. 158.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

mentaren Baryum angehörig), welche Linien über das gesamte sichtbare Spektrum gut verteilt sind und sich auch weit ins Ultraviolett erstrecken.

Dieses Baryumspektrum ist in Tafel II (auf gewöhnliche Platten, von Blau bis weit ins Ultraviolett) photographiert; Tafel V Nr. 2 zeigt die Photographie desselben Spektrums von Rot bis zu Beginn des Ultraviolett, das ist jene Zone, welche bei photographischen Aufnahmen mit Glasobjektiven in Wirkung tritt; einige Baryumlinien sind in unserer Tafel mit ihren Wellenlängen bezeichnet, und auch das Auftreten einer Fluorbaryumbande ist daselbst zu sehen[1]). Die weißen Effektkohlen mit Baryumfluorid eignen sich gut zur Reproduktion farbiger Objekte, für Dreifarbenphotographie, für Kopierzwecke (Silber- und Chromatpapiere usw.).

Das Bogenspektrum von Strontium- und Kalziumverbindungen zeigt Tafel II Nr. 2; die Kalziumdoppellinie von der Wellenlänge 3968 und 3933 entspricht der Fraunhoferschen Linie *HK* an der Grenze des sichtbaren Spektralviolett. Diese Linien treten mit sehr großer Helligkeit auf und verraten selbst geringe Spuren von Kalzium, welche sehr häufig als Verunreinigung auftreten (vgl. Tafel V; Spektrum der reinen Kohle; Tafel IX).

Die Cooper-Hewittsche Lampe und ähnliche Quecksilberglaslampen zeigen ein aus wenigen, sehr hellen Linien bestehendes Spektrum, von welchem bei der angewandten Photographie mit den üblichen Glasobjektiven hauptsächlich folgende Linien zur Geltung kommen.

	Wellenlänge			Wellenlänge	
Quecksilberlinie	5791	grüngelb	Quecksilberlinie	4078	violett
„	5770		„	4047	
„	5461	grün	„	3984	
„	4916		„	3907	
„	4359	blau	„	3663	
„	4348		„	36—	
„	4340		„	3650	

Die hierbei auch (namentlich bei starken Strömen und größerer Dampfdichte) auftretenden feinen roten und orangefarbigen Linien sind schwach und für die Färbung derartigen Lichtes von geringem Belang.

Tafel V Nr. 3 zeigt das Spektrum einer Quecksilberglaslampe, aufgenommen im Glasprismenspektrograph; Tafel II das Quecksilberspektrum einer Quecksilberquarzlampe; in beide sind die Wellenlängen der Linien eingetragen.

Über eine intensive monochromatische Lichtquelle von Ch. Fabry und A. Perot („Compt. rend." 1899, 128, S. 1156 bis 1158). Das Licht des bekannten

---

1) Näheres siehe Eder und Valenta, Atlas typischer Spektren, Wien 1911.

Quecksilberlichtbogens wird mittels Filtration durch Kaliumbichromat und gesättigte Didymchloridlösung monochromatisch für Grün $\lambda = 546\,\mu\mu$. Auch die gelben Wellen lassen sich durch Eosinfiltration gut isolieren („Zeitschr. f. phys. Chemie" 1899, Bd. XXX, Heft 1, S. 169; Eders Jahrb. f. Phot. 1900, S. 520).

Spektralzonen mit Quecksilberdampflampen. Um die chemische Wirkung der von einer Quecksilberdampflampe ausgesandten verschiedenfarbigen Strahlen einzeln studieren zu können, kann man Lichtfilter nach den Angaben von Hartmann verwenden:

Quecksilberlinien	Wellenlänge	Die als Lichtfilter dienenden Lösungen
Rote	695	Konzentrierte Lösung von Chrysoidin und Eosin
Rote + orange	615	Lösung von Chrysoidin
Rote, orange + gelbe . .	579	Schwache Lösung von Chrysoidin
Hellgrüne	546	Lösung von Nitrosodimethylanilin (läßt auch Ultraviolett 366 durch)
Blaugrüne	492	Lösung von Guineagrün mit Brillantgrün
Cyanblaue	436	
Violette	405, 408	
Ultraviolette	366 u. kleiner	

(Physik. Zeitschr. 1906, 58, Nr. 228; Eders Jahrb. f. Phot. 1907, S. 340.)

II. Spektrum von Magnesiumlicht, verglichen mit Drummondschem Kalklicht.

Über den Verlauf des ultravioletten Spektrums brennenden Magnesiums und des Drummondschen Kalklichtes in die ultraviolette Region des Spektrums gibt am besten ein Vergleich mit dem Sonnenspektrum (Tafel VIII) Aufschluß; sämtliche dieser Vergleichsaufnahmen sind im Quarzspektrographen aufgenommen.

Das Spektrum des Drummondschen Lichtes im Leuchtgas-Sauerstoffgebläse im Linnemannbrenner bei mäßigem Druck zeigt Tafel VIII Nr. 7. Es wurde ein Stift von Magnesia zur Weißglut gebracht. Die optische Helligkeit war etwa 80 Kerzen.

Bei der photographischen Aufnahme im Quarzspektrographen erwies sich die relative Helligkeit des Magnesia-Knallgaslichtes im Rot, Gelb, Grün und Blau größer als beim Lichte brennenden Magnesiums; dagegen nahm die Intensität der stärker brechbaren Strahlen beim Drummondschen Lichte rascher ab; es mußte die Belichtungszeit ungefähr viermal länger genommen werden, um ein deutliches ultraviolettes Spektrum in den brechbareren Spektralbezirken zu erhalten und trotz dieser längeren Belichtungszeit erstreckt sich die Wirkung weniger weit ins Ultraviolett. Ähnlich verhält sich Drummondsches Kalk- und Zirkonlicht. Alle

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

diese mittels des Sauerstoff-Leuchtgasgebläses hergestellten Lichtquellen geben nur im Anfange des Ultraviolett, das ist beiläufig bis $\lambda = 3500$ eine genügende Helligkeit, wie auch Tafel VIII Nr. 7 deutlich zeigt. Die Spektren des Drummondschen Lichtes sind kontinuierlich, mit Ausnahme der auftretenden Hauptlinien des brennenden Oxyhydrogengases (der sog. Wasserbänder), sowie des Swanschen Spektrums (brennende Kohlenwasserstoffe). Ferner bemerkt man einzelne Metallinien, zum Beispiel die Magnesiumlinie $\lambda = 2852$. Da die Intensität des Magnesia-Knallgaslichtes bei der angegebenen Belichtungszeit nur bis ungefähr $\lambda = 3600$ eine namhafte ist und von $\lambda = 3600$ bis ca. 3500 schon merklich sinkt, so folgt, daß man diese Lichtquelle zu Absorptionsversuchen nur mit Erfolg für das sichtbare Spektrum bis zur Region $\lambda = 3500$ benutzen kann; verlängert man die Belichtungszeit, um weitere Bezirke des Ultraviolett photographieren zu können, so entstehen in den weniger brechbaren Spektralbezirken häufig störende Erscheinungen von Überexposition (Lichthöfe, Irradiationserscheinungen, Solarisation). Bei Verwendung von Leuchtgas-Sauerstoff unter höherer Gaspression wird die Weißglut gesteigert und rückt die Helligkeit des Spektrums weiter ins Ultraviolett vor.

Das Sonnenlicht ist für Absorptionsversuche im Ultraviolett günstiger als das Drummondsche Licht, da man bei einigermaßen klarem Sonnenschein darauf rechnen kann, das Sonnenspektrum mittels des Quarzspektrographen bis zur Fraunhoferschen Linie S mit der Wellenlänge 3100 $\mu\mu$ photographieren zu können. Freilich ist die Helligkeit des Sonnenspektrums in der Regel von R ab nicht mehr bedeutend (s. Tafel VIII).

Genügend weit in die stärker brechbaren Regionen des Ultraviolett erstreckt sich weder das Sonnenlicht, noch das Magnesium- oder Drummondsche Licht, sondern man muß zum Funkenspektrum (mittels eines kräftigen Ruhmkorffschen Induktors) greifen. Nicht so weit wie die letztere, aber weiter als die erstgenannten Lichtquellen, reicht das Licht des elektrischen Flammenbogens (s. Tafel VIII).

Das Spektrum des brennenden Magnesiums erstreckt sich bei genügender Belichtung weiter gegen das brechbarere Ende des Ultraviolett, als dies bei dem Sonnenspektrum, wie es bei unseren Witterungsverhältnissen für gewöhnlich zur Verfügung steht, der Fall ist. Das in Tafel IX abgebildete Spektrum des brennenden Magnesiums wurde durch eine drei Minuten andauernde Belichtung im Quarzspektrographen erhalten und zum Vergleiche ein schwaches Funkenspektrum von Magnesiummetall daneben photographiert. Es geht daraus hervor, daß das brennende Magnesium ein nahezu kontinuierliches Spektrum

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

liefert, welches sich mit genügender Helligkeit über den ganzen sichtbaren und ultravioletten Teil bis gegen $\lambda = 2800$ erstreckt. Die Helligkeit der brechbareren Strahlen ist von da ab nur mehr eine geringe und das Spektrumband dehnt sich selbst bei langer Belichtung nur verhältnismäßig langsam gegen das brechbarere Ende des Spektrums aus.

Außer dem kontinuierlichen Spektrum treten auch charakteristische Bänder des Magnesiumoxydspektrums auf, sowie einige Linien des Magnesiums selbst (die Triplets im Grün λ 5184, 5173, 5167; die ultraviolette Mg-Linie λ 2852 u. a.).

Das brennende Magnesium wäre vermöge seines ziemlich kontinuierlichen Emissionsspektrums als Lichtquelle für den Spektralbezirk $\lambda > 2800$ brauchbar, wenn nicht der Magnesiumoxyd-Rauch äußerst belästigend und das unruhige Brennen der Magnesiumflamme höchst störend wäre; für Untersuchungen im stärker brechbaren Ultraviolett läßt uns das brennende Magnesium im Stiche.

Brennendes Magnesiumband oder Magnesiumpustlicht zeigt bei größerer Dispersion das Spektrum des Magnesiums sehr deutlich, neben dem kontinuierlichen Spektrum, wie in Tafel IX Nr. 1 ersichtlich ist.

Gemische von Magnesiumpulver mit Salpeter zeigen überdies die Kaliumlinien; ein Leuchtpulver aus Magnesium und Lithiumkarbonat weist — außer dem Spektrum des Magnesiums — die Lithiumlinien auf, und zwar nicht nur die rote Lithiumlinie λ 4708, welche die rote Lithiumflamme von Weingeist- oder Bunsenbrennern zeigt, sondern auch die orangegelbe (λ 6103), die grüne (λ 4972) und andere Lithiumlinien, welche sonst nur im elektrischen Flammenbogen und auch bei der enormen Hitze solcher Blitzlichtflammen auftreten (s. Tafel IX).

Magnesium mit Kaliumpermanganat gibt ein Emissionsspektrum der betreffenden Metallinien. — Magnesium mit Thoriumnitrat, mit Kadmiumnitrat, mit Zirkon- oder Cernitrat, sowie Strontiumnitrat geben hauptsächlich kontinuierliche Spektren. Das vielfach zur Herstellung von panchromatischen Magnesiumblitzlichtgemischen benutzte Strontiumnitrat zeigt außer dem kontinuierlichen Spektrum noch die roten Bänder des Strontiumoxyds (s. Tafel IX Nr. 3) und einige wenige Metallinien des Strontiums und des stets als Verunreinigung vorhandenen Kalziums.

Auch beim Strontium treten zufolge der hohen Temperatur des Magnesiumblitzlichtes andere Spektren auf, als bei der niedrigen Temperatur der mit Strontiumsalzen rotgefärbten Bunsenflamme, welche Tafel IX Nr. 5 zeigt; in diesem Falle treten nur die roten und gelben Strontiumoxyd- (resp. Chlorid-)bänder auf, und nur die blaue Strontiumlinie λ 4608. Schon in bengalischen Feuerwerkssätzen mit Kaliumchlorat, Schwefel und Strontiumnitrat entwickeln sich zufolge der höheren

SLUB Wir führen Wissen.
gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Verbrennungstemperatur die blauen und violetten Strontiumoxydbänder so deutlich, daß die aktinische Wirkung beträchtlich steigt. In der noch höheren Temperatur des Magnesium-Strontiumnitratblitzlichtes erreichen die stärker brechbaren Spektralbezirke noch größere Helligkeit und gesteigerten Aktinismus. Im elektrischen Flammenbogen treten zahlreiche Strontiummetallinien auf, aber es bleibt auch noch das rote Bandenspektrum wenigstens teilweise bestehen (s. Tafel II und IX), was die rötliche Färbung der Strontiumeffektkohlen erklärt (Tafel II).

Wie diese Beispiele zeigen, ist der wahre photochemische Effekt der künstlichen Lichtquellen nur mit Hilfe der Spektralanalyse zu erkennen und die photographische Wirkungsweise zu erklären.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Nachtrag.

Internationale Kerze als photometrische Lichteinheit.

Im Jahre 1909 wurde zwischen dem Bureau of Standards in Washington, dem englischen National Physical Laboratory und dem Laboratoire Central d'Electricité in Paris die Vereinbarung getroffen, daß man folgende Werte der photometrischen Einheiten festsetze:

1 pentane candle = 1 bougie décimale = 1 American candle = 1,11 Hefnerkerzen = 0,104 Carcels.

Es waren die englische, französische und amerikanische Kerze einander gleichgemacht worden und zwar dadurch, daß die frühere amerikanische Glühlampennormale um 1,6 % erniedrigt wurde und die Messungen mit der Pentanlampe im National Physical Laboratory nicht mehr bei einer Luftfeuchtigkeit von 10 Litern pro cbm, sondern von 8 Litern pro cbm ausgeführt werden. Diese gleiche Einheit der Engländer, Franzosen und Amerikaner heißt Internationale Kerze. — In Deutschland bleibt die Hefnerkerze bei ihrem alten Werte und es ergibt sich die relative Helligkeit: 1,11 Hefnerkerze = 1 Internationale Kerze, wonach die Umrechnung approximativ erfolgen kann. — Dieser Umrechnungsfaktor gilt nur für optische Helligkeit, indem auf die relative photographische Aktinität hierbei derzeit keine Rücksicht genommen ist.

Chlorsilberkristalle,

die sich aus ammoniakalischer Lösung bilden, nach Reinders, absorbieren nicht nur kolloides Silber und Gold, sondern auch viele Farbstoffe, Gelatine, Albumin, Casein usw. und nehmen sie bis ins Innere in homogener Verteilung auf. Dies stimmt mit den Forschungen Eders überein, daß bei der Sensibilisierung die wirksamen Farbstoffe das Silberhaloidkorn färben müssen, also daß ein Farbstoff, um zur photographischen Wirkung zu kommen, das Bromsilbermolekül (resp. Ag Cl) selbst färben müsse. Die meisten zugesetzten Farbstoffe ändern den Habitus der Chlorsilberkristalle nicht, aber manche Farbstoffe rufen starke Dendritenbildung hervor, wie mikrophotographisch festgestellt wurde. — Gelatine und adsorbierte Eiweißkörper erhöhen beträchtlich

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

die Lichtempfindlichkeit des Chlorsilbers. Dieser Einfluß läßt sich auch nachweisen an Kristallen aus einer Lösung, welche nur 1 Milligramm Gelatine in 10 Liter Lösung enthält. Hierbei wirkt die Gelatine wie ein chemischer Sensibilisator, zufolge der Eigenschaft Chlor zu binden (die Annahme, daß Gelatine als chemischer Sensibilisator bei Silberhaloiden wirken könne, wurde zuerst von Eder ausgesprochen, welcher auch die Absorption von unauswaschbarer Gelatine in Bromsilberkörner der Gelatineemulsion nachwies; dies wird durch Reinders Versuche bestätigt). — Die Aufnahme von kolloidem Silber bei der Kristallisation aus einer kolloides Silber enthaltenden Lösung wird vermindert oder ganz verhindert durch die gleichzeitige Anwesenheit von Gelatine oder Agar-Agar. (W. Reinders, Zeitschrift f. phys. Chemie, 1911, Bd. 57, S. 696.) Es ist auffällig, daß Gelatine die Adsorption von kolloidem Silber an Silberhaloide hindert, während die Silberkeimtheorie gerade beim latenten Lichtbild Absorption von kolloidem Silber fordert.

Anfärbung von Diaminpapier durch photochemische Wirkung.

C. Schall studierte die Blaufärbung des p-Phenylendiaminpapiers im Ultraviolett und fand, daß es verschiedene analoge lichtempfindliche organische Substanzen gebe. Salpetersaures p-Toluidendiamin, salpetersaures Benzidin auf Papier wird im Ultraviolett ebenfalls blau gefärbt. Löst man p-Phenylendiamin nebst Acetylcellulose in Chloroform und fügt Acetylentetrabromid zu, so kann man transparente Schichten auf Glas auftragen; sie werden im Ultraviolett blau. Diese Papiere wurden auch spektroskopisch untersucht. (Zeitschr. f. w. Photogr. 1911, S. 89).

Quecksilberquarzlampe.

Buisson und Ch. Fabry nahmen Messungen der Intensität der Quarzquecksilberlampe vor. Wählt man als Einheit die Intensität der grünen Strahlung, so haben die anderen Strahlen folgenden Helligkeitswert:

Wellenlänge	Lichtintensität
Rot	0,13
λ 5769 u. 5790	0,49
λ 5460	1
4358	0,88
4046	0,64
Gruppe 3660	0,41
Gruppe 3130	0,79
Gruppe 2536	0,32
Gesamtstrahlung	60.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Die Intensität der Strahlung ist nicht nach allen Richtungen gleich stark. Das Verhältnis der mittleren sphärischen Intensität und der Intensität in der normalen Richtung beträgt 0,8. (Comptes rendus, Bd. 152, S. 1838; Chem. Zentralbl. 1911, II, S. 830.)

Die Quecksilberquarzlampen zeigen nach längerem Gebrauch eine Abnahme der Intensität der ultravioletten Strahlung, weshalb die photochemische Wirkung der Quarzlampen mit der Zeit abnimmt; während die Strahlung neuer Lampen auf die menschliche Haut enorm (mit Verbrennungserscheinungen) wirkt, rufen die Strahlen länger gebrauchter Lampen nur eine leichte Reaktion hervor. Die Ursache dieser Veränderung ist darin zu suchen, daß die innere Wand der Quarzröhre nach und nach mit einem größeren Beschlag sich bedeckt. (Comptes rendus, Bd. 152, S. 1746; Chem. Zentralbl. 1911, II, S. 829.)

SLUB Wir führen Wissen.
gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Autoren-Register.

Abney 5. 64. 70. 77. 93. 142. 143. 157. 158. 176. 178. 179. 181. 182. 196. 199. 209. 224. 245. 246. 249. 250. 251. 254. 256. 270. 281. 289. 290. 305. 307. 309. 310. 319. 320. 401. 611. 616. 625.
Acetylen-Co. 496.
Acworth 279. 293.
Adamson 473. 488.
Aktiengesellschaft für Anilinfabrikation 542. 583.
Albert, E. 179. 298.
— J. 517.
Alden 508.
Alexandre 496. 589.
Amann 330.
Amateurphotographenklub, Wiener 230.
Amory 272.
Andresen 177. 193. 252. 369.
Angström 633.
Armstrong 518.
Arndt & Löwengard 551. 559. 564.
Arons 424.
Arrhenius 364.
Asper 357.
Aubree 432.
Audra 482.
Auer von Welsbach 409. 582.
Autotype-Co. 146.
Axtmann 533.

Babbage 360.
Babo 407. 509. 510. 511.
Baker 240.
Balmain 96. 228. 513.
Baltin 535.
Baly 1.
Bancroft 290.
Bardy 510. 615.
Barlett 550.
Baur 1. 318.
Baxendell 364. 366. 386.
Bayer 609.
Bayley 209.
Bazain 433.
Bazin 315.
Beatty 111.
Beaurepaire 531.
Beck, J. 380. 382.
Becker 327. 328.
Becquerel 71. 94. 106. 114. 250. 251. 253 273. 276. 277. 280. 281. 285. 287. 289. 291. 306. 309. 313. 314. 317. 319. 324. 325. 333. 334. 516.
Bedford 424. 433.
Beer 203.
Bell 606.
Belloc 316.
Benecke 436.
Beneke 523.
Benk 557.
Bernhardt 153.
Bernhoeft 593. 594.
Berres 432. 509.
Berthelot 330. 494.
Berthollet 102.
Besanez 627.
Bethge 549. 550.
Betz 542.
Bezold, v. 10. 179.
Billon-Daguerre 328.
Bing, Louis 150. 153.
Blair 316.
Blanquard-Evrard 315.
Blythsworth 269.
Boardman Co. 466.
Boas 495.
Bögner 415. 416.
Böhm & Rosenthal 92. 171.
Börnstein 340.
Böttger 509.
Boisen 231.
Bolas 433. 561.
Boll 507.
Bonté-Schaefer 487.
Bordier 329.
Borlinetto 507.
Bose 94.
Bothamley 86. 261.
Bouguer 368.
Boutan 537. 538.
Brande 432.
Brandt, P. 230. 530.
Breeze 402.
Bremer 422.
Brice 154.
Brodhun 71. 204. 206.
Brooks 482.
Brothers 483. 516.
Brown 533.
Browning 22.
Brunel 231.
Buff 99. 100. 101. 102. 103.
Buisson 642.
Bunsen 17. 19. 31. 71. 76. 89. 99. 122. 130. 131.

SLUB Wir führen Wissen.

gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

132. 141. 144. 165 209. 323. 364. 367. 368. 369. 370. 371. 379. 392 407. 436. 481. 487. 511. 516. 616. 621. 622. 625. 629.
Bunte 487.
Burnett 101. 112. 114. 119.
Burton 158. 316. 403.

Callier 190. 199. 203. 217. 218.
Carbutt 606.
Carcel 84. 86.
Carl 486. 516.
Caron 503.
Cernovodeanu 324.
Chapman 315.
Chardonnet 36. 42. 302.
Chastaing 321. 322. 324. 325.
Chatelier 493.
Christomanos 93.
Chwolson 94.
Clarke 508.
Claudet 77. 130. 164. 165. 249. 289. 306. 316. 436. 486.
Claudy 485.
Clausius 364. 367.
Clayden 365.
Cloëz 325.
Coehn 327. 328.
Cohen 605.
Cohn 604.
Constant de 316.
Cornu 8. 9. 36. 44. 45. 46. 48. 388.
Cossa 326.
Courmont 328.
Courtier 563.
Cox 482.
Cremer 489.
Croke 523. 605.
Crookes 46. 93 253. 276. 281. 388. 516.
Crova 78.
Cussons 402.

Daguerre 388.
Dallmeyer 482.
Daniell 432.
Darwin, H. 141.
David 32.
Davy 101. 411.
Deacon 329.
Debenham 312. 317. 560.
Decoudun 121. 123. 124. 231. 238. 239.
Degen 125.
Delachanal 511.
Delamarre 432. 436. 506.
Delden, van 598.
Demole 561.
Demousty 328.
Dewar 302.
Dillaye 538.
Dingler 119. 315. 316. 325. 487. 509.
Donné 280.
Dove 428.
Dow 92.
Downes 105.
Drägerwerk 499. 500. 502.
Draper, J. C. 8. 77. 98. 99. 101. 112. 113. 119. 122. 249. 276. 306. 307. 320. 323. 325.
— H. N. 119.
Driffield 83. 166. 168. 190. 191. 192. 193. 195. 196. 219. 221. 222. 224. 225. 229. 232. 237. 239 240. 241.
Drummond 79. 497. 503. 504. 505. 516. 637. 638.
Duboin 553.
Duboscq 433.
Duclaux 106.
Dufour 101.
Dujardin 433. 463.
Dunmore 403.

Earle 523.
Eberhard 59. 68. 70. 312.
Ebert 3.
Eckel 440.
Edelmann 507.
Eder 1. 13. 14. 16. 30. 38. 42. 45. 46. 48. 56. 65. 66. 68. 69. 76. 77. 80. 81. 90. 91. 92. 95. 106. 107. 123. 124. 144. 146. 149. 152. 153. 170. 171. 172. 174. 175. 181. 182. 186. 187. 188. 189. 190. 191. 192. 193. 198. 203. 208. 210. 211. 213. 217. 218. 222. 223. 224. 225. 228. 239. 241. 242. 252. 253. 254. 256. 257. 258. 259. 261. 263. 267. 268. 270. 272. 276. 277. 278. 279. 280. 282. 284. 285. 286. 288. 290. 291. 292. 293. 294. 295. 298. 299. 300. 302. 309. 311. 312. 313. 316. 317. 319. 321. 324. 334. 340. 341. 342. 345. 347. 360. 387. 402. 406. 481. 483. 503. 504. 505. 508. 509. 512. 515. 518. 524. 542. 545. 549. 561. 570. 611. 617. 619. 620. 621. 622. 623. 625. 626. 627. 635. 636. 641. 642.
Edison 408.
Eichmann 231.
Eisenlohr 276.
Elektrizitäts-A.-G. vorm. Kolben 446.
Elkan 499. 504.
Ellis 489.
Elster 96.
Englisch 176. 622. 624.
Erdmann 10.
Exner, F. 12. 70.

Fabre 323.
Fabricius 490.
Fabry 367. 636. 642.
Falk & Co. 560.
Falz & Werner 453. 454. 455. 456. 465.
Faraday 516.

SLUB Wir führen Wissen.
gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Farbenfabriken vorm. F. Bayer 342. 345. 545. 555. 559.
Farland, Mc. 486.
Farmer, H. 449.
Fattinger 583.
Favre 103.
Feige 424.
Feitzinger 125.
Ferguson 237. 239.
Fernau 241.
Féry 52. 87.
Festing 178.
Fiedler 583.
Fischer, F. 324.
Fischer & Foß 493.
Fizeau 249. 306. 407.
Fleury-Hermagis 157.
Fol 357.
Formanek 1. 353.
Forel 357.
Foucault 249. 306. 407.
Fowler 106.
Foxlee 315.
Fraunhofer 7. 10. 11. 33. 43. 46. 58. 250. 251. 300. 312. 335. 336. 337. 638.
Freewing 508.
Freund 449.
Fürstenau 482.
Fueß 44. 49. 50. 55. 154.
Fyfe 281.

Gaedicke 507. 517. 518. 546. 580. 586. 616.
Galewski 548.
Gamble 462. 480.
Garneri 77. 143.
Garnier 433. 463.
Gaudechon 330.
Gaudin 432. 436. 506. 507.
Gaumont 410. 496. 611.
Gaylord 60.
Gehrcke 70.
Geiger 420.
Geißler 427. 428.
Geitel 96.
Gekawerke 153.
Gekawerke s. Krebs.
Geldmacher 517. 606.
Gerland 326.
Gillard 315.
Giroud 90.
Gissing 40.
Glasenapp 546. 561.
Glatzel 36.
Gmelin 560.
Goerz 121. 124. 230. 574. 575.
Goldberg 199. 206. 228. 326.
Goldstein 290.
Goode 432.
Gordes 571.
Gothard, E. v. 29. 37. 38. 47.
Gouy 94.
Graetz 488.
Grätzel 518.
Graham, Otto 337.
Grant 520. 563. 603.
Grebe 1. 5.
Greene 542.
Griveaux 94.
Grotkowsky 325.
Grove 408.
Grünberg 12.
Grüne 482.
Grundy 504.
Guébhard 524.
Günther 285. 316.
Günther & Tegetmeyer 96.
Guerney 497.
Gulliver 507.
Guntz 285.

Haack 505.
Haagn 426.
Haake & Albers 442. 530.
Haberkorn 353.
Hackh 570. 595. 598.
Haddon 504.
Hagenbach 61.
Halle 44.
Hankel 131.
Hann 328. 379.
Harbers-Scharmach 586.
Harcourt 86.
Hardwich 505.
Harmann 507.
Harnecker 505.
Harrison 508. 518. 534.
Hart 520. 582.
Hartley 42. 301. 358.
Hartmann 199. 204. 205. 395. 637.
Haschek 70.
Hasselkampf 530.
Hauberrisser 546.
Haugk 315.
Heele 23. 35. 39. 40.
Heeren 130. 231.
Hefner-Alteneck 11. 84. 90. 91. 171. 210. 211. 622.
Heid 435.
Helland-Hansen 357.
Heller 395.
Helmholtz 10. 11. 12.
Hemsley 550.
Henderson 403.
Hennig 569.
Henrey 324. 550.
Heraeus 329. 426. 427. 480. 633.
Herchefinkel 323. 327.
Herschel 77. 130. 249. 251. 253. 275. 276. 281. 284. 285. 286. 288. 289. 290. 305. 306. 314. 317. 320. 325. 326.
Hertzsprung 367.
Herzberg 332.
Herzka 291.
Hesekiel 534. 579.
Hett 241.
Hewitt 38. 424. 425. 476. 479.
Heyde 125.
Hilbert 495.
Hilger 35. 40. 49. 70.
Hill 505.
Himly 317. 474. 483.
Hitchcock 562.
Hoff, van t' 94
Hoffsümmer 128.

SLUB Wir führen Wissen.
gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Hoh 154.
Holetschek 364. 367. 371. 373. 386.
Holliday 358.
Holm 518.
Holmers 402.
Holzt 529.
Homolatsch 482.
Honikel 142.
Horn 119. 316. 407.
Hößl & Laad 470.
Houdaille 75. 150. 168.
Houghton 587.
Howell 409. 489.
Hrdliczka 583. 586. 587.
Hrudnik 286.
Hruza 529. 609.
Hübl 261. 262. 272. 279. 299. 345. 348. 353. 355. 358. 457. 464.
Hughins 46.
Humphrey 535. 536.
Hunt 77. 130. 275. 276. 281. 282. 320. 337.
Hurman 518.
Hurter 83. 166. 168. 190. 191. 192. 193. 195. 196. 219. 221. 222. 224. 225. 229. 232. 236. 239. 240. 241.
Husnik 122.

Ilford 231.
Illjinsky 534.
Imperial Dry Plate Co. 239.
Ives 59. 246. 298.

Jahr 403.
— R. 489.
James 525.
Jandus 422.
Jankó, v. 548.
Janssen 165. 304. 388. 403.
Jarmen 438. 558.
Jencic 144.
Jensen 365.
Jeserich 505.
Jobson 446.
Jodin 320.
Jodlbauer 111.
Joé 488.
Johnson 147.
Jones, Chapman 14. 62. 83. 159. 199. 222. 224. 225.
Jordan 77. 130.
Junghans 507.

Kahlbaum 36.
Kailan 327.
Kalähne 358.
Kamm 494.
Kaßner 366.
Kastle 111.
Kayser 1. 9. 54. 56. 59. 70. 357. 358.
Kenngott 491.
Kenyon 517. 535.
Keppeler 87.
Kernbaum 327. 328.
Keßler 542. 548. 550. 562.
Kirchhoff 17. 19. 31.
Kieser 211. 272. 554. 555. 571.
— & Pfeufer 446.
Kiesling 145. 153. 536. 562. 567. 625. 627.
Kilburn 316.
Kindermann 530.
King 199.
Klary 518. 532. 589.
Klein, H. O. 529.
Kleye 417. 499.
Klimsch 153.
Knauer 541. 551.
Kochan 94.
Köhler 480. 603. 605.
König 470.
König, A. 11.
— -Dieterici 12.
König, E. 351. 355.
Körting & Mathiesen 422. 456. 466.
Köst 592. 593.
Köthgen 11. 79. 632.
Kolben 446.
Konen 272.
Konkoly 29.
Krebs 542. 548. 553. 554. 555. 561. 563. 565. 571. 584. 599. 611.
Kreusler 96.
Kreutzer 113. 122. 231. 320. 360. 506. 509.
Krone 392. 395. 402. 485.
Krüger 315.
Krüß 19. 20. 38. 42. 61. 85. 302. 341. 622.
— H. 85. 504.
— H. A. 42.
Küch 426. 427. 629. 631.
Kuffner 172.
Kühne 326.
Kundt 340.
Kunwald 545.
Kunstanstalten, Berlin-Neuroder 474.
Kurtz 395.

Lainer 544. 569.
Lambert 74. 77. 368.
Lamy 147.
Landolt 3. 340.
Lang, L. 231.
Lang, Louis 591.
Langer 311.
Langley 368.
Larkin 517. 531.
Larsen 143.
Lassaigne 281.
Law 482. 483.
Lea 114. 270. 285. 296. 315. 316. 503.
Leborgne 432.
Lecher 390.
Lechner, R. (W. Müller) 146. 418. 472. 476. 495. 499. 528. 530. 532.
Leeds 103. 104. 619.
Lehmann 9.
— E. 278. 279. 280.
— H. 30. 41. 268. 358.
Leimbach 189.
Leiß 46. 49. 55.
Lellan 509. 535. 615.
Lenard 96. 275. 328.

SLUB Wir führen Wissen.
gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Lerebours 249. 306.
Leroux 563.
Lesmüller 550.
Leth 517.
Leutner 163.
Levitsky 439.
Lewis 52.
Ley 353. 357.
Liebenthal 5. 71. 72. 83. 85. 87. 88. 302. 359.
Liebert 438. 440.
Liesegang 147. 188. 189. 317. 417. 434. 483. 484. 493. 495. 499. 500. 501. 504.
Liesegang, R. E. 288.
Lilien, v. 547.
Limency, Lanet de 150.
Link 579.
Linnemann 498. 504.
Lipowitz 113. 130.
Lippe, v. d. 474.
Lippmann 480.
Listing 9.
Liveing 302.
Lloyd 149.
Lockyer 45. 68.
Loehr, v. 528.
Löscherer 315.
Löwe 41.
Löwengard 555.
Löwy 463.
Lohse 270. 302.
Londe 569. 611. 612.
Lossen 510. 615.
Lottermoser 275.
Lowe 90.
Lucenay 432. 436. 506.
Lueger 493. 582.
Luggin 94. 290.
Lüttke & Arndt 551.
Lüppo-Cramer 95. 251. 262. 263. 272. 273. 274. 275. 278. 280. 281. 285. 286. 287. 288. 289. 296. 297. 305. 309. 310. 313. 314. 317. 324. 328.
Lumière, A. & L. 320. 547. 551.
Lummer 70. 71. 204. 206.
Luther 190. 211. 239.
Lyman 56.

Mach, E. 165. 166.
— L. 610. 612.
Maddox 516.
Magnesiumfabrik Bremen 518.
Malagutti 130. 131.
Mallmann 32. 483.
Malone 433.
Malval 231.
Maquenne 328.
Marchand 71. 77. 106. 110. 112. 114. 116. 117. 118. 320. 364. 369. 370. 380.
Marcus 491. [393.
Marion 446.
Mariot 517.
Marguery 433.
Markham 509.
Marktanner-Turneretscher 504. 505. 523.
Martens 199. 200. 203. 204.
Mascart 8. 10.
Mather 520.
Maximowitsch 202. 203.
Mecklenburg, Herzog Adolf F. v. 578.
Mees 218. 333.
Mehner 426.
Meisenbach 463.
Meister, Lucius & Brüning 350. 352. 354. 355.
Melchion 315.
Mercator 518. 536. 578. 599. 600.
Merck 350.
Mermet 511.
Meydenbauer 492. 495. 518. 521. 522. 523. 542. 543. 545. 546. 567. 586.
Meyer, G. 268.
Michalke 618. 619.
Michelson 70.
Miethe 9. 42. 54. 80. 507. 517. 518. 527. 546. 586. 603.
Militärgeographisches Institut 457.
Miller 463.
Millet 432.
Millochau 269.
Minchin 94.
Minisini 522.
Mitscherlich 154.
Mittelstraß 495.
Moissan 88.
Moitessier 436.
Moll 231. 528.
Molteni 505.
Monasch 411. 415. 635.
Monckhoven 112. 113. 147. 162. 277. 424. 486. 487. 503. 505. 512.
Monfort 432.
Monpillard 87. 204.
Montagna 143.
Moore 428. 430.
Morgan 441.
Moser 275. 313.
Mothay, T. du 487. 503.
Moule 436. 506. 507. 508.
Mousson 10.
Mucklow 183.
Müller 46. 510. 518. 547. 578. 602. 626.
— A. 445. 448.
— G. 71.
— J. 276. 281.
Müller & Wetzig 495.
Mutoskop-Co. 479.
Myrbach-Rheinfeld, Otto Freih. v. 387.

Nachet 204.
Nadar 433. 517.
Natterer 482.
Naumann 93.
Navez 482.
Nernst 92. 410.
Neuhauß 548. 577.
Newcomb 544.
Newton 10. 315.
Ney 521. 522. 523.
Nichols 78. 585.
Nicol 92.

SLUB Wir führen Wissen.
gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Nièpce de St. Victor 112. 113. 250. 285. 288. 318.
Nikias 446.
Nipher 304.
Nobert 58.
Nogier 328. 329.
Norley 428.
Novak, F. 215. 218. 350. 351. 352. 542. 544. 552. 554. 556. 557. 571. 612. 627. 629.
Nutting 36. 312.

Offord 535.
Ogier 402.
Oldal 395.
Olivier 92.
Ost 437.
Ostwald 621.
Otley 481.

Payser 241.
Pellin 86. 87.
Penrose 62. 452. 455.
Perger 463.
Perkins 476.
Perley 310.
Pernter 364. 365. 368. 370. 389.
Perot 634.
Pertsch 521.
Petit 438. 594.
Pettauer 518. 601.
Pfaff 502.
Pfaundler 504.
Pflüger 44. 96. 426.
Phillipps & Son 231.
Phipson 555.
Picard 124.
Pickering 78.
Piffard 514. 536.
Pilgrim 10. 11.
Pillsbury 10.
Pizzighelli 71. 89. 291. 364. 370. 371. 393.
Placzek 231.
Plank 5.
Planté 106.
Platinotyp-Co. 535. 536.
Pledge 333.
Plotnikow 105. 325.
Plücker 427.
Poey 143.
Poggendorff 516.
Poitevin 251. 281. 284. 285. 287. 289.
Portable Studio Co. 163.
Poulenc 585. 594.
Precht 80. 92. 310.
Prümm 315. 316. 395.
Pulfrich 23. 41.
Palligny 403.
Purkinje 79. 80. 363.
Putz 560.
Puyo 596.

Quarzlampen-Gesellschaft 427.
Quedenfeldt 574. 587.
Quidde 315.
Quincke 23.

Radau 71. 364.
Rae 221.
Randall 96.
Ranque 524.
Rayleigh 13. 365. 368.
Regener 327.
Reginalampenfabrik 446. 452. 455. 465. 466.
Regnault 150.
Reichardt 395.
Reichsanstalt, Berliner 85.
Reinders 641. 642.
Reisinger, v. 517.
Rémelé 516.
Retschinsky 426.
Reynolds 320.
Rheden 231. 609. 628.
Richard 315.
Riche 510. 615.
Rideal 105.
Riecke 42.
Riedel 595.
Rigollot 94.
Riggenbach 365.
Ris-Paquot 518.
Ritschie 231.
Ritter 288. 289. 290.
Ritz 256.
Rodriguez 433. 463. 495.
Röhmann 548.
Röntgen 273.
Roger 428. 532.
Rogers 79.
Roloff 111.
Rombout 605.
Ronzelen 440.
Rood 332. 428.
Roscoë 71. 76. 89. 99. 101. 102. 130. 131. 132. 133. 135. 136. 138. 139. 141. 142. 165. 183. 209. 323. 364. 366. 368. 369. 370. 371. 379. 380. 387. 388. 389. 390. 391. 392. 393. 407. 481. 516. 616. 621.
Ross 323. 324. 328.
Roth 143.
Rothe 275.
Rottmayer 509.
Rousseau 570.
Roussin 120.
Rowland 8. 58. 59. 63. 64. 65. 57. 68. 69. 212. 515.
Rudolf 79.
Rüdorff 83.
Ruhmkorff 638.
Rumford 101.
Runge 56.
Rutherford 19. 21.

Sachse 603.
Sage 601.
Sahulka 409.
Salomon 508.
Samec 144. 391.
Sanger Shepherd 223.
Sarasin 357.
Sauerstoffabrik 501.
Saussure 102.
Sawyer 71. 151. 153. 158.
Scal 424.
Schaetzke 596.
Schall 130. 330. 331. 642.
Schaum 1. 71. 95. 96. 272. 367. 401. 411.

SLUB Wir führen Wissen.
gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Scheffer, W. 187.
Scheiner 31. 90. 91. 168. 168. 169. 170. 171. 172. 174. 175. 177. 193. 205. 211. 217. 225. 623. 629.
Scheller 403.
Schering 602.
Schilling 71. 90.
Schillings 574. 575. 577.
Schirm 518. 525. 527. 532. 596. 598. 606.
Schjerning 42.
Schleußner 68.
Schmidt, G. C. 94
— H. 518. 601.
— J. 442. 445. 450.
Schmidt u. Haensch 19. 23. 31. 35. 44. 70. 85. 200. 498. 503. 504. 622.
Schnauß 507. 509. 518. 592. 593.
Scholl 94.
Schott 340. 425. 479.
Schramm 364.
Schroeder 589.
Schrott, P. v. 71. 156. 157. 427. 430. 480. 629.
Schrötter 516.
Schultz-Sellack 253. 275. 277. 280. 291. 314.
Schulze 332.
Schumann 26. 43. 44. 45. 46. 47. 48. 49. 53. 54. 55. 79. 279. 282. 301. 483.
Schwab 146.
Schwartz 541. 551. 552. 553. 566. 581.
Schwarz, G. 112.
Schwarzschild 76. 81. 172. 176. 177. 189. 190. 191. 209.
Schwier 375.
Scoble 268. 269.
Scolik 32. 483.
Scotellari 315.
Scott 231. 380. 381. 383. 505.
Sebelien 106. 111. 387.
Seco 482.
Seebeck 284. 285. 287. 288. 506. 509.
Seegest 488.
Seib 541. 548. 558. 559. 565. 570. 601.
Seidel 368.
Seifert 93.
Sell 511. 615.
Senebier 287.
Senteck 482.
Seyewetz 548.
Sheppard 218.
Sichel 479.
Sichling 318.
Siedentopf 275. 287. 290. 324. 480.
Siegel & Butziger 492.
Siegl 21.
Siemens 483. 619. 633.
— W. v. 88.
— -Schuckertwerke 452. 470.
— & Halske 85. 468.
Silbermann 103. 323.
Silliman 432.
Silva, de 317.
Simon 72.
Simony 9.
Sinsel 530.
Slingsby 532. 599.
Smith 105. 231. 239.
Smith Piazzi 517.
Soleil 126.
Spencer, J. A. 157.
Sperling 595.
Spiller 510.
Spindler & Hoyer 60. 61.
Spitaler 368. 369. 376. 379.
Spitzer 566. 568. 573. 582. 589.
Spurge 183.
Spurr 511.
Staeble 230.
Stagel 440.
Stanley 52.
Stark 272.
Staudenheim, v. 561.
Stebbing 615.
Stefan 5.
Stefanowski 152. 158.
Stegemann 578.
Stein 71. 505. 520.
Steinhauser 396.
Steinheil 21. 28. 30. 32. 44. 61. 258. 403. 611.
Steinmetz 423.
Stelling 141. 142. 364. 366. 392. 393. 395.
Stephard 545.
Sternfeld 158.
Sterry 239. 241.
Stine 71. 90.
Stobbe 327.
Stöckl 328.
Stolze 155. 187. 316. 567.
Strakosch 385. 386.
Stralsunder Bogenlampenfabrik 448.
Streintz 395.
Sturm & Co. 474
Suck 516.
Süß 567.
Summer 522.
Svedberg 328.
Swan 148. 149. 638
Symons 395.
Szekely 521.

Talbot 153. 281. 432.
Tallent 62.
Tappeiner 111.
Taylor 182. 183. 184. 517. 563.
Tenac, van 487.
Tennant 518.
Tesla 481.
Thiele 323. 327. 329.
Thompson 230.
Thorpe 364. 389. 390.
Thouret 434.
Tip-Top-Werke s. Seib.
Tischler 573.
Toepfer 31. 61. 70. 90. 171.
Traube 341.
Traut 446. 544.
Trautz 272. 322.
Trepied 368.
Triebel 533.

SLUB Wir führen Wissen.
gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Trivelli 272.
Troost 621. 622. 625.

Ulbricht 415.
Unger & Hoffmann 495. 504.
Uppenborn 90.
Urbain 424.

Valenta 1. 13. 16. 30. 38. 42. 46. 56. 65. 68. 69. 263. 264. 265. 267. 268. 295. 297. 300. 309. 334. 341. 347. 358. 359. 428. 481. 508. 512. 515. 545. 549. 561. 611. 635. 636.
Vallot 106.
Veress 288.
Vidal 93. 160. 161. 231.
Vieille 494.
Vierordt 10. 21. 341.
Villant 633.
Villard 273. 274. 290. 314. 317.
Villars 305.
Villon 561.
Violle 86. 87. 88.
Visbeck 529. 547 600.
Voege 633.
Vogel, August 120.
— E. 490.
— H. C. 42. 270.
— H. W. 26. 27. 71. 93. 113. 150. 151. 152. 153. 154. 158. 184. 185. 251. 253. 258. 261. 262. 270. 277. 279. 280. 282. 291. 314. 340. 390. 402. 483. 511. 517, 521. 605. 615. 623. 625. 629.
Vogel, J. H. 493.
Voigt 595.
Volkmer 461. 463.
Voltz, Weiß & Co. 540. 591.

Wachsmuth 1.
Wachtl 239.
Wächter 187.
Wagner 487.
Wall 218. 239. 351.
Wallace 59. 356. 357.
Warburg 327.
Warnerke 71. 96. 117. 118. 126. 148 155. 156. 159. 188. 222. 223. 226. 227. 228. 513.
Wartenberg 53.
Wassiljewa 327.
Waterhouse 59. 268. 307. 310.
Watkins 147. 232. 235. 236. 237. 239. 240. 241.
Watt 610.
Watts, Marshall 1.
Way 424.
Weber, L. 73. 90. 123. 199. 205. 211. 622.
Wedding 430. 633.
Weigert 195.
Weinert 441. 447. 455.
Weiß 239.
— A. 561.
Werge 315.
Wernicke 191.
Weyde, van der 438. 508.
Widmark 1.
Wiedemann 3. 279.
Wien 5.
Wiener 191. 285. 287. 288.
Wiesner 145. 146. 826. 367. 368. 386. 389. 326.
Wild 390.
Wildermann 94. 95. 101.
Williams 533.
Willis 435.
Wilson 466.
Winkelmann 200.
Winstanley 510.
Winter 435.
Winther 109. 111. 242. 272.
Wittwer 102. 103.
Wöhler 560. 627.
Wolf 275. 328. 329.
Wolf-Czapek 428. 605.
Wollaston 325.
Wollner 533.
Wood 298. 303. 357. 358.
Woodbury 148. 149. 433. 462.
Woods 112. 113. 114.
Woodward 436.
Wortley 188. 315.
Würschmidt 634.
Wulff 497. 507.
Wünsche 581.
Wyler 315.
Wynne 231. 237. 238. 240.

Young 10.

Zeeman 70.
Zehnder 275.
Zeidler 413.
Zeiß 23. 358.
Zenker 251. 285. 286. 287. 288. 289. 314. 325.
Zenneck 41.
Zöllner 93.
Zsigmondi 340.

SLUB Wir führen Wissen.
gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Sach-Register.

Abhängigkeit des Transmissionskoeffizienten der Atmosphäre für die Sonnenstrahlung von Feuchtigkeit, Luftdruck und Wetterlage 387.
Abklatsch-Gitter 59. 60.
— -Replika 59. 60.
Ablenkung des Spektrums, Minimum der 6.
Absorption der aktinischen Strahlen in der Atmosphäre 388.
— des Glimmers und Zelluloids im Ultraviolett 302.
— des Lichtes in farbigen Gläsern 332.
— — in farblosen organischen Substanzen 357.
— — durch dicke Wasserschichten 357.
— — im Wasser 357.
— farbiger Schichten, Bestimmung mittels quantitativer Spektralanalyse 341 bis 348.
— photographischer Keile 199.
— selektive 359.
— verschiedener Glassorten 298—302. 334—340.
Absorptionsgesetze zur Bestimmung des Skalenwertes von Papierskalenphotometern 154—157.
Absorptionsmesser 203.
Absorptionsspektren farbiger Flüssigkeiten 341.
— farbiger Gläser 334—340.
Absorptionsspektrum 5.
Absorptionsverhältnis 341.
Achromate für Spektralapparate 45.
Action continuatrice 289. 314.
Additive Farbenmischung s. d.
— Lichtfilter 355.
Adsorption von Brom durch Bromsilber 247. 309.
Aeskulin-Schutzfilter 349.
Äther im Licht 325.
Äthyläther im Licht 325.
Äthyleosin, Farbensensibilisator 266.
Äthylrot, Farbensensibilisator 267. 311.
Äthylviolett, Farbensensibilisator 263. 295.
Akridingelb, Farbensensibilisator 265.
Aktine 77. 405.
Aktinität, relative 81. 406. 617.
— — verschiedener Lichtquelle 81. 405. 615. 617.
— — von brennendem Magnesium 617. 622.
— verschiedener elektrischer Bogenlampen für Kopierzwecke 629—631.
Aktinograph 77. 221. 229.
Aktinometer 101. 147.
Aktinometrie 77. 615.
— der photographischen Lichtintensität künstlicher Lichtquellen 615—631.
— des Sonnenlichtes 177.
— von Fixsternaufnahmen 80.
Aktino-Photometer 125.
Aktino-Photometer-Kompaß 238. 239.
Aktinosemantor 396—401.
Akuretprintmeter 163.
Alarmphotometer 118. 119.
Albedo 74. 359.
— photographische 74. 75.
Albuminpapier 284.
Alizarinblau, Farbensensibilisator 268. 269.
Alizarinblaubisulfit, Farbensensibilisator 268. 312.
Alizarinrotlack, Reflektionsspektrum 361.
Aluminium, fettfreies 560.
— Photometrie des brennenden 627.
— und Magnesium 562.

SLUB Wir führen Wissen.
gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Aluminiumblitzlicht 540. 560. 561.
Aluminiumbronze 561.
Aluminiumhülsen für Zeitlichtpatronen 555.
Aluminiumlicht 560.
— Argentorat 561.
Aluminiumpulver, fettfreies 560.
Aluminiumzeitlicht 562.
Ameisensäure im Licht 330.
Ammoniumbichromat als Lichtfilter 347.
Ammoniumnitrat im Blitzlichtgemisch 544.
Ammoniumpikrat und Neupatentblau als Lichtfilter 345.
Ammoniumoxalat im Licht 331.
Amorces 580.
Amylazetatlampe als Normallicht 84—86. 210.
Anfangswirkung, photographische 314.
Antitypie 77.
Aristopapier 284.
Arsen, metallisches, Verhalten im Spektrum 321.
Arsenige Säure, Verhalten im Spektrum 322.
Asphalt im Licht 325.
Atelierlampen, elektrische, s. elektrisches Licht in der Porträtphotographie.
Ateliers für Magnesiumlicht 584. 592 bis 595.
Atmosphäre, Absorption der aktinischen Strahlen 388.
— Unschärfe durch wallende Bewegung der 394.
Auge, Empfindlichkeit für die Grenzen der Farben 9.
— — für Ultraviolett 1.
Auramin-Gelbfilter 351.
Aurantia-Gelbfilter 351.
Ausbleichverfahren 326.
Ausdehnung des Spektrums 1.
Auskopierverfahren bei elektrischem Licht s. d.
Autoblitzpatrone 564.
Autochrom-Gelbfilter 352.
Autochromplatte, grünes Dunkelkammerlicht 353.
— Lichtdurchlässigkeit 333.
Autokollimationsmethode 40. 41. 52.
Autokollimationsspektroskop 41.
Azetylen in Azeton 496.
Azetylengas, Explosionsgefahr bei 493.
Azetylenglühlicht 495.
Azetylenlampe als Normallichtquelle 86. 87. 494.
Azetylenlampen 494. 495.
Azetylenlicht in der Photographie 493—496.
— Straßenbeleuchtung mit 494.
— zur Projektion 494—496.
Azetylenreiniger, Purator 493.
Azetylen-Sauerstoffgebläse 496.

Baldurzündung 574.
Bariumphosphatkronglas s. Uviolglas.
Baryumsalze im Blitzlichtgemisch 546. 548. 550.
Baumwollgelb, Farbensensibilisator 265.
Bee-Expositionsmesser 236.
— — für Autochromplatten 237.
Beersches Gesetz 203.
Beleuchtung, Definition 73
— einer Fläche, Stärke 71.
— elektrische, von Strichzeichnungen 456.
— — in der medizinischen Diagnose 449.
— — in der Mikrophotographie 461.
— farbige, in der Porträtphotographie 449.
— — in der Reproduktions- und Dreifarbenphotographie 461.
Beleuchtungsvorrichtungen s. Bogenlampen, Lichtquellen usw.
Beleuchtungswert, Bestimmung 405.
Belichtungsmesser 229.
— in Uhrform 235.
— mit Normalfarbenphotometer 231.
— ohne Normalfarbenphotometer 229.
Belichtungsschleier 208.
Belichtungstabellen 231.
— für Autochromplatten 230.
Belichtungstafeln 230. 231.
Belichtungszeit beim Photographieren in verschiedenen Breitengraden 380—385.
— Berechnung 230. 231.
— Schwankungen in der relativen — bei der Dreifarbenphotographie 13.
— Spielraum in der 196. 197.
Bengalisches Feuerwerk 506—508.
— Weißfeuer 506—508.
— — spektrale Zusammensetzung 507.
Benzingasglühlicht 491.

SLUB Wir führen Wissen.
gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Benzinlampe als Normallichtquelle 90. 210.
Bergkristallinsen bei der Ultraviolettphotographie 298.
Bestimmung der Verbrennungsdauer von Blitzlicht s. Blitzlicht.
Beugungsspektrum s. Spektrum.
Bewölkung, Einfluß auf die chemische Intensität des Tageslichtes 391.
Bezeichnung der photometrischen Methoden 77.
Blattgold, Absorptionsspektrum des dünnen 339.
Blattgrün s. Chlorophyll.
Bleichromat als Schutzfilter 349.
Bleiglas, Absorptionsspektrum des 334.
Blitzlampen, Magnesium-, Foco 591.
— — Fulgur 534.
— — für Gas 533.
— — Meteor 531.
— — mit Beleuchtungsschirmen 584.
— — mit Rauchfängern 584—595.
— — mit Reflektoren 584.
— — Nacht- 574—578.
— — Orion 530.
— — Photospire 524.
— — Reform 530.
— — Regina 530.
— — Rembrandt-Taschenblitz 583.
— — Rhaco 569.
— — Sedinia 529.
— — Stella 581.
— — von Haake & Albers 530.
— — von Hruza 529.
— — von Klary 532.
— — von Klein 529.
— — von Lechner 532.
— — von Loehr 528
— — von Miethe 527.
— — von Roger 532.
— — von Schirm 525. 532.
— — von Sinsel 530.
— — von Triebel 533.
Blitzlicht mittels elektrischer Bogenlampen 450.
— Jupiterlampe 450.
— Magnesium- s. d.
— orthochromatisches 543.
Blitzlichtfolien 566.
Blitzlichtgemische, Bestimmung der Verbrennungsdauer 607—613.
— Packung 564—566.
— -Zündung 567—583.
— — mit Elektrizität 569—578.
— — mit Friktion 582.
— — mit Lunten 567—569.
— — mit Perkussion 580.
— — mit pyrophoren Metallen 582.
— — mit Weingeist 569.
— — pneumatische 578—580.
Blitzlichtpapiere 566.
Blitzlichtpatronen 548. 564.
Bogenlampen 411—413. 417—420.
— Aktinität verschiedener — für Kopierzwecke 629—631.
— automatisch regulierende 419. 420. 441.
— Bivolt- 412.
— Blitzlicht mittels elektrischer 450.
— Dauerbrandlampen 412. 422. 446.
— — Jandus 422. 465.
— — Liliput 422.
— — Regina 422. 446. 452. 465.
— — von Müller 448.
— Doppelspannungs- 412. 421. 422.
— — Excello-Kugelflammen 422.
— — Helia 442.
— Effekt- 464.
— Empirielampe 422—445.
— Ewon- 420.
— — Miniaturscheinwerfer 420.
— Gleichstrom- 412. 413. 420.
— Handregulier- 417. 445.
— Hochspannungs- 422. 446. 464. 465.
— Jupiter- 450. 475.
— Kopier- 462—471. 629—631.
— Lumineszenz- 412. 422. 423.
— mit Scheinwerfern 420. 421. 454.
— Müllers 445.
— Niederspannungs- 412. 417—420.
— Nortlight 446.
— Ökonomie der 423.
— Photolumen 441.
— Reginakopier- 465.
— Schwachstrom 418.
— Simplicissima 446.
— Sonja-Universal- 447. 448. 465.
— Spar- 421.
— Stralsunder 448.

SLUB Wir führen Wissen.
gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Bogenlampen, Wechselstrom- 412. 420.
Bogenlicht, Einfluß auf die Reproduktion farbiger Objekte 461.
— Kombination von Glühlicht mit 450. 472. 474. 475.
— spektrale Zusammensetzung 632—637.
— s. Lichtquellen, elektrische.
Bogenspektren 7. 15.
Bolometer, Photometrie mittels 71.
Bougie décimale 76. 88.
Braunstein im Blitzlichtgemisch 545.
Brechung des Lichtes 3.
— im Prisma 3.
Bremerlicht 422.
Brockengespenst, Photographie des 395.
Brom, Adsorption durch Bromsilber 247. 309.
Bromsilber, direkte Schwärzung 251.
— Farbensensibilisatoren s. d.
— mit Entwicklung 253.
— zerstäubende Wirkung des ultravioletten Lichtes auf 275.
— -Gelatine, Empfindlichkeitsmaxima 258.
— — variable Lage in den verschiedenen Spektrographen 258. 259.
— Farbensensibilisatoren s. d.
— Farbensensibilisierung durch farblose Substanzen 270.
— Maximum der Absorption 271.
— mit Zusatz von kolloidalem Silber 272. 273.
Bromsilbergelatine, Photographie mit ultravioletttem und infrarotem Licht auf 302. 303.
— -Platten, Vorbelichten 268. 269.
— Röntgenstrahlen, Einfluß auf die Farbenempfindlichkeit 273. 274.
— Verhalten gegen das Sonnenspektrum 256. 357.
— -kollodiumbadeplatten mit physikalischer Entwicklung 253.
— -kollodiumemulsion, Verhalten gegen das Sonnenspektrum 254. 255.
— Solarisation bei 307. 308.
Bromsilberplatten, photographischer Effekt auf 76.
Bromsilberschichten, Empfindlichkeit bindemittelfreier — gegen Ultraviolett 54.
Bromwasser, Zerstörung der Solarisation durch 310.
Büchsenphotometer mit einer Normalfarbe 146.
— mit mehreren Farben 148.
Bunsen-Roscoesches Gesetz s. Reziprozitätsregel.

Carcelllampe als Normallichtquelle 84.
Ceriumnitrat im Blitzlichtgemisch 542.
Charakteristik der verschiedenen Bogenlampen 417—423.
Chemische Photometer an der Visierscheibe 126.
— Photometrie 71. 77. 98 u. ff.
— — Prinzip 77.
— Reaktionsgeschwindigkeit 95.
— Wirkungen des farbigen Lichtes 242 bis 318.
Chemisches Gleichgewicht 95.
Chinin und Chromsäure im Licht 326.
Chininsulfat-Schutzfilter 349.
Chinolinrot, Farbensensibilisator 266. 312.
Chlor- und Kohlenoxydgas in der Photometrie 98. 99.
Chlor- und Wasserstoffgas im Licht 323.
— — — in der Photometrie 98. 99.
Chlorate im Blitzlichtgemisch 546.
Chlorcitratpapier 284.
Chlorgas im Licht 323.
Chlorknallgasphotometer 98. 99. 100. 101.
Chlorophyll im Licht 326.
Chlorsilber, am Licht violett angelaufenes 284. 285. 286.
— direkte Schwärzung im Lichte 283.
— Empfindlichkeit des 293.
— Farbensensibilisatoren: Fluoresceïn 295.
— — Glyzinrot 294.
— — Rose bengale 295.
— mit adsorbiertem kolloidalem Silber und Hervorrufung 295—298.
— mit Hervorrufung 290—295.
— Spektren des 292.
Chlorsilberkristalle 641.
Chlorsilberpapier in der Photometrie s. Normalpapier.
Chlorwasser in der Photometrie 102. 103.
Chromate, Verhalten im Spektrum 319.
Chromatglas, Absorptionsspektrum des 336.

SLUB Wir führen Wissen.
gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Chromgelb, Reflektionsspektrum 360.
Chromoxydglas, Absorptionsspektrum des 334.
Chromsaure Salze im Blitzlichtgemisch 549.
Chromsäure, Zerstörung der Solarisation durch 310. 313.
Chromylchloridlicht 509. 512.
Chronopose universel 231.
Chronoskop 231.
Chrysanilin, Farbensensibilisator 265.
Chrysoidinlösung in der Spektrumphotographie 261.
Composition, Photogenic 507.
Corallin, Farbensensibilisator 261.
Crownglas 300.
Curcumapapier im Licht 325.
Cyanin, Farbensensibilisator 268. 312.
— im Licht 324.
Cyclamin, Farbensensibilisator 312.

Daguerreotypie 253. 275. 307.
— Dunkelkammerbeleuchtung 349.
Daguerreotypplatten 253. 276. 307.
— Solarisationserscheinungen an 307.
Dämpfungsfilter 266.
Densograph 199. 206. 207. 208.
Development-Faktor 237.
Dezimalkerze 76.
Dial-Exposure-Meter 236.
Dial-Meter 236.
Diaminpapier, Anfärbung durch photochemische Wirkung 642.
Dichte 191.
Dichtigkeit 190. 191.
Dicyanin, Farbensensibilisator 268.
Diffraktionsspektrum s. Spektrum.
Dispersion 4.
— des Quarzspektrographen 45.
Dispersionsvermögen 4.
D-Linie des Spektrums 7.
Dreifarben-Lichtfilter 354—356.
Dreifarbenphotographie, elektrisches Bogenlicht in der 635.
— farbige Beleuchtung in der 461.
— -Lichtfilter s. Lichtfilter.
Dreifarbenphotographie, Schwankungen der relativen Belichtungszeit in der 13.
Drummondsches Licht 497—505.
Drummondsches Licht, Spektrum 637.
Drummondsches Licht s. Kalklicht.
Druckfarben, Reflektionsspektren der 360. 361.
Dunkelkammerbeleuchtung, Glas für 334.
Dunkelkammerlichtfilter 348. 349.
Dynaktinometer 77.

Echelon diffraction gratings 70.
Ederlösung s. Quecksilberoxalatphotometer.
Edersche Legierung 16.
Effektkohlen 412. 422. 456. 461. 635.
Eichung des Spektralapparates 6.
Einfache Farben s. d.
Einheit der Flächenhelle 73.
— der Lichtabgabe 73.
— des Lichtstromes 72.
Eisenoxydglas, Absorptionsspektrum des gelben 337.
Eisenoxydulglas, Absorptionsspektrum des grünen 337.
Eisenoxydulhydrat, Verhalten im Spektrum 321.
Eisensalze in der Photometrie s. Photometer.
Eisenverbindungen, Verhalten im Spektrum 320. 321.
Eisenvitriol, Verhalten im Spektrum 321.
Eiweißkörper im Licht 330.
Elektrische Fernzündung Baldur 574.
— Lichtquellen f. d.
— Zündung von Magnesium 569—578.
Elektrisches Bogenlicht s. Elektrisches Licht.
— Licht im photographischen Porträtatelier 436—450.
— im Reproduktionsatelier 450—462.
— — spektrale Zusammensetzung 632—637.
— — Verwendung in der Photographie 432—480.
— — Geschichte 432—436.
— — zum Kopieren 462—471.
— — zum Projizieren 472.
— — zum Vergrößern 472.
— — s. a. Lichtquellen.
Emission s. Lichtstrahlung.
Emissionsspektrum 5.
Empfindlichkeit, absolute 175.

SLUB Wir führen Wissen.
gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Empfindlichkeit photographischer Präparate, Prüfung 71. 208.
— verschiedener photographischer Platten bei Amyl- u. elektrischem Lichte 216.
Empfindlichkeitsangaben verschiedener Systeme, Umrechnungstabellen 239.
Empfindlichkeitsmaxima bei künstlichen Lichtquellen 259.
— für Bromsilbergelatine 258.
— — variable Lage in verschiedenen Spektrographen 258.
Empfindlichkeitsmessung s. Photometer, Photometrie, Sensitometrie.
Entwicklung der Jodsilbergelatineemulsion 278. 279.
— Nebenbelichtung bei der 310. 314.
— physikalische, von Jodsilberkollodium 276. 277.
Entwicklungsfaktor 219. 220. 222. 237.
Entwicklungskonstante 222.
Entwicklungsprozeß, Normalfarbenphotometer für den 149.
Entwicklungsspielraum 237.
Entwicklersubstanz, Abhängigkeit des Schwellenwertes von der 188.
Eosin, Farbensensibilisator 263. 266. 311.
— -Bromsilbergelatine, Empfindlichkeit 293.
— -Bromsilberkollodium 294.
— -Chlorsilbergelatine, Empfindlichkeit 293.
Erdoberfläche, Lichtverteilung auf der 376–380.
— Verteilung der chemischen Lichtwirkung des Sonnenlichtes auf der 370.
Ergänzungsfarben 4.
Erythrosin, Farbensensibilisator 262. 266. 311.
Erythrosinbadeplatte, Gelbfilter für 347.
— Grünfilter 345.
Exponometer 125.
Exposition, Periode der richtigen 195.
Expositionsmesser 121—126. 229.
— zur direkten Abschätzung der Helligkeit der Landschaft 125.
— zur Helligkeitsermittlung auf der Visierscheibe 122. 123. 124. 125.
Expositionstabellen für verschiedene Breitengrade 380—385.
Expositionszeitmesser 229. 241.
Exposure Diagrams 230—241.
— Meter 231.
Extinktion 190.
Extinktionskoeffizient 341.
Extrabelichtung 314.

Fächerblitz 565.
Farbe der Blumen, Ausbleichen der 326.
Farben des Spektrums, Veränderung durch Vermischen mit weißem Licht 5.
— einfache 4.
— Ergänzungs- 4.
— homogene 4.
— Komplementär- 4.
— Verteilung im Sonnenspektrum 9.
Farbenanpassung 285. 326.
— des Silberphotochlorids 285. 287—290.
Farbenband 4.
Farbenbezirke einiger Lichtquellen, relative Helligkeit 11.
Farbenempfindlichkeit von Bromsilbergelatine, Einfluß der Röntgenstrahlen 273.
Farbengrenzen, Wellenlängen der 10.
Farbenmischung, additive 4.
Farbensensibilisatoren 261.
— Akridingelb 265.
— Alizarinblau 268. 269.
— Alizarinblaubisulfit 268. 312.
— Äthyleosin 266.
— Äthylrot 267. 311.
— Äthylviolett 263. 295.
— Baumwollgelb 265.
— Canariengelb 265.
— Chinolinrot 266. 312.
— Chrysanilin 265.
— Corallin 261.
— Cyanin 268. 312.
— Cyclamin 312.
— Dicyanin 268.
— Eosin 263. 266. 311.
— Erythrosin 262. 266. 311.
— Fluorescein 263. 295.
— Formylviolett 266. 312.
— für Bromsilber 261.
— Glyzinrot 294.
— Malachitgrün 269.
— Monobromfluorescein 266. 295.

SLUB Wir führen Wissen.
gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Farbensensibilisatoren: Nigrosin 268.
— Nitropheningelb 263. 265.
— Orthochrom 267. 311.
— Phloxin 266.
— Pinachrom 267.
— Pinacyanol 267. 268.
— Pinaverdol 266.
— Rose bengale 294.
— Tetrabromfluoresceinnatrium s. Eosin.
— Tetrajodfluoresceinnatrium s. Erythrosin.
— Thiazolgelb 263. 265.
— Titanscharlach 264. 266.
— Wollschwarz 268.
Farbensensibilisierung, Erklärung der 270. 271. 272.
— von Bromsilber durch farblose Substanzen 270.
— von lichtempfindlichen Substanzen 323.
Farbenverteilung im Sonnenspektrum 10.
Farbenzerstreuung 4.
Farbige Beleuchtung in der Porträtphotographie 449.
Farbige Flächen und die orthochromatische Photographie, Schätzung der Leuchtkraft von 178—182.
Farblose Gläser s. d.
Farbrasterplatten, Lichtabsorption der 332.
Farbstoffdichte 348.
Farbstoffe, photochemische Wirkung auf lichtunechte 2.
Fata morgana s. Luftspiegelung.
Ferrichlorid und Oxalsäure in der Photometrie 112.
Ferrioxalat in der Photometrie 112. 113.
Feuersbrunst, Photographie 485.
Feuerwerk, bengalisches 506—508.
— — Laterne für 506.
Feuerwerksphotographie 508.
Filtrierpapier im Licht 330.
Fixsternaufnahmen, Aktinometrie von 80.
Fläche, Stärke der Beleuchtung einer 72.
Flächenhelle 73.
—, Einheit der 73.
Flammenform von Blitzlichtgemischen 607. 613. 614.
Flammenspektren 6. 638.
Flexoidphotometer 153.
Flintglas 300.
Fluorescein, Farbensensibilisator 263. 295.
Fluoreszenzwirkung des Ultraviolett 14.
Flüssigkeiten, Absorptionsspektren farbiger 341.
— in der Photometrie 98.
Flüssigkeitsprisma 21.
Flußspatspektrograph 43.
Focobelichtungstabelle 231.
Foco-Blitzlampe 591.
Formylviolett, Farbensensibilisator 266. 312.
Fortsetzende Strahlen s. d.
— Wirkung des Lichtes 314.
Fraunhofersche Linien 7.
Friktionszündung beim Magnesiumlicht 582.
Fulgur-Blitzlampe 534.
Funkenspektren 7. 16.

Gas in Sauerstoff verbrennend, Photographie bei 486. 487.
Gasator 501.
Gas-Blitzlampe 533.
Gase in der Photometrie 98.
Gasgemische für Kalklicht s. d.
Gaslicht, Photographie bei 481. 482. 486. 487.
— Vergrößern mit 483.
Gasolin im Kalklicht s. d.
Gasglühlicht beim Projizieren 489.
— beim Vergrößern 490.
— Benzin- 491.
— Graetzin- 488.
— Howellitelampe 489.
— mit Azetylen 495.
— Mita- 491. 492.
— Photographie bei 487. 488.
— Spiritus- 491. 492.
Geißlersche Röhren, Licht der 427. 428.
— — Spektrum der 428.
„Geister“ beim Gitterspektrograph 69.
Geka-Kugelblitz 561.
Gelatinefolien im Skalenphotometer s. Flexoidphotometer.
Gelbfilter 350—352.
— Auramin 351.
— Aurantia 351.
— Erythrosinfiltergelb 353.
— Filtergelb 350—351.

SLUB Wir führen Wissen.
gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Gelbfilter für Autochromaufnahmen 352.
— für Blitzlichtautochromien 352.
— in der photographischen Schichte selbst 352.
— Methylorange 351.
— Pikrinsäure 351.
— Pinorthol 353.
— Tartrazin 351.
Gelblack, Reflektionsspektrum 361.
Gelbscheibe f. Dämpfungsfilter.
Geradsichtige Prismen 21.
Gesetz, Beers 203.
— Stefans 5.
„Gespenster" beim Gitterspektrograph 69.
Gitter, Beugungs- 14. 58. 59.
— -Spektrum s. Spektrum.
Gitterspektrograph 56. 60. 61. 62. 63. 64. 65. 66. 67.
Gitterspektroskope 61.
Glas, Absorption im Ultraviolett 47. 301.
— für Dunkelkammerbeleuchtung 334.
— — Lichtfilter 334.
Glas im Licht, manganhaltiges 324.
—, Lichtabsorption in farbigen Gläsern und Farbrasterplatten 332. 341.
Gläser, Absorptionsspektren farbiger 334 bis 340.
— — Blattgold, dünnes 339.
— — Bleiglas 334.
— — Chromatgläser 336.
— — Chromoxydglas 334.
— — Eisenoxydglas, gelbes 337.
— — Eisenoxydulglas, grünes 337.
— — Goldrubinglas 334.
— — Holzglas, gelbes 339.
— — Kobalt-Boraxglas 336.
— — Kobaltgläser 336.
— — Kohleglas 339.
— — Kupferchromatgläser 336.
— — Kupferoxydglas 334.
— — Kupferoxydul-Überfangglas 334.
— — Kupferrubinglas 334.
— — Manganglas 336.
— — Nickel-Bleiglas 336.
— — Selenglas, rötliches 339.
— — Silberspiegel, metallische 339.
— — Silber-Überfangglas 337.
— — Uranalkalisilikatglas 336.
— — Uranglas 336.
Gläser, Absorptionsspektren farbiger —, Uranglas, bleihaltiges 386.
— farbige für spezielle Spektralbezirke 340.
— farblose 300.
— — Absorption des Lichtes 302.
— Lichtabsorption in farbigen 332. 333.
— Lichtverlust beim Durchgang des Lichtes durch verschiedene 332.
— selektive Absorption im Ultraviolett 47. 301.
— Untersuchung farbiger — bezüglich ihres Verhaltens gegen photographische Platten 333.
Glaslinsen bei der Ultraviolettphotographie 298.
Glassorte, Einfluß auf den photographischen Effekt der Spektrographen 42.
Glasspektrograph 36. 37. 38.
— -Spiegel, schwarze — in der Wolkenphotographie 365.
Gleichgewicht, chemisches 95.
Glimmer, Absorption im Ultraviolett 302.
Glühlampen als Normallichtquelle, elektrische 92.
Glühlicht, elektrisches 408—411. 472—476.
— — Fokusglühlampe 476.
— — Kombination mit Bogenlicht 450. 472. 474. 476.
— — Kopieren bei 476.
— — Photographie bei 472—476.
— — überspanntes für Ateliers 474.
— — Vergrößern bei 476.
— — s. Lichtquellen, elektrische.
Glyzinrot, Farbensensibilisator 294.
Gold, kolloides im Licht 324.
Goldchlorid im Licht 324.
Goldrubinglas, Absorptionsspektrum des 334.
Gradation 193.
Graetzinlicht 488.
Grünes Dunkelkammerlicht 353.
— — für die Autochromie 353.
— — mit Säuregrün + Naphtholgrün + Tartrazin 353.
Grünfilter für Erythrosinbadeplatte 345.
Grundempfindungen 12.
Guajakharz im Licht 325.

SLUB Wir führen Wissen.
gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Harze im Licht 325.
Hauptfarben, Wellenlängen der 10.
Hefnerkerze 72. 84. 85.
— als Normallichtquelle 84. 85.
Heliochromie 285.
Heliograph 77.
Heliostat 36.
Helligkeit, chemische, künstlicher Lichtquellen 617—619.
— der einzelnen Bezirke des Sonnenspektrums 10.
— Farbenbezirke einiger Lichtquellen, relative 11.
— der Wohnräume, Normalien 75.
— des Kalklichtes 504.
— indizierte 73.
— künstlicher Lichtquellen, optische 404.
— optische der Lichtquellen 78.
— optische, und photographische Wirksamkeit 405.
— optische, verschiedener Gang der chemischen Lichtintensität und der 366. 367.
— relative der Spektralfarben einzelner Lichtquellen 78. 79.
— von Sonnen- und Tageslicht, chemische 146.
Helligkeitsverteilung im normalen Sonnenspektrum 11.
Herscheleffekt 305. 306.
Hervorrufung s. Entwicklung.
Hilfsbelichter 317.
Hilfsbelichtung im Positivprozeß 317. 318.
Himmelslicht 364. 365.
— chemische Intensität des blauen, s. Intensität.
— gemeinschaftliche Wirkungen mit dem Sonnenlichte 375.
Höhlenphotographie 547.
Holzfeuer, Photographie bei 485.
Holzglas, Absorptionsspektrum des gelben 339.
Holzpapier, Vergilben im Licht 326.
Homogene Farben 4.
Homogenes Licht 3.
Howellite-Gasglühlicht 489.
Hühnereiweiß im Licht 330.
Ilford Exposure Meter 231.
Indianisches Weißfeuer s. bengalisches Weißfeuer.
Induktion, photochemische 101.
Inertia 219. 220. 237.
Infallible Exposure Meter 231. 237.
— Print Meter 238.
Infrarot, Photographie 268. 269. 302. 303.
— Spektrograph für 41.
Infrarotes Licht, Photographie bei 302. 303.
Insolationsapparat 134.
Insolationsband 133.
Insolator 145.
Intensität, chemische des blauen Himmelslichtes 373.
— — des direkten Sonnenlichtes 373.
— — Einfluß der Bewölkung auf — des Tageslichtes 391.
— des Lichtes, chemische, und optische Helligkeit, verschiedener Gang 366. 367.
— s. a. Lichtintensität, -Stärke.
Interferenzspektroskop 70.
Internationale Kerze 641.

Jodbromsilber, Verhalten gegen farbiges Licht 281. 282.
Jodidverbindung, Verhalten einer alkalischen im Sonnenspektrum 281.
Jodkalium und Salzsäure im Licht 105.
Jodoform-Benzol-Lösung im Licht 325.
Jodoformchloroform-Lösung in der Photometrie 120.
Jodsilber 273. 275.
— auf Daguerreotypplatten mit Quecksilberdampfhervorrufung 276.
— bei direkter Schwärzung, ohne Hervorrufen 275.
— Maximum der Lichtwirkung 275.
— Solarisationserscheinungen auf 280.
— Spektralempfindlichkeit 279.
— vorbelichtetes 273. 279. 280.
— Zerstäubungsbilder auf 280.
— -Gelatineemulsion mit Entwicklung 278.
— -Kollodium mit physikalischer Entwicklung 276. 277.
— — Solarisation bei 307. 308.
— — -Platte 277.

Jodwasserstoff im Licht 105. 323.
Jodwasserstoffsäure in der Photometrie 102. 103. 104.

Kadmiumnitrat im Blitzlichtgemisch 544.
Kalisalpeter im Blitzlichtgemisch 543.
Kaliumbichromat als Lichtfilter 346. 347.
Kaliummonochromat, Absorptionsspektrum 342.
— -Lichtfilter 342.
Kaliummonochromatpapier im Skalenphotometer 153.
Kaliumpermanganat im Blitzlichtgemisch 545.
Kalklicht 497—505.
— -Brenner Triumph 501.
— Drummondsches 497—505.
— für Projektionszwecke 499.
— Gasator für 501.
— Gasolin in 502.
— Helligkeit 504.
— Knallgasgebläse für 498.
— Lichtkondensor für 505.
— Lichtintensität 504.
— mit Gasgemischen 497—505.
— Olivin 505.
— Oxy-Hydrogen- 497—505.
— photochemische Wirksamkeit 504.
— Porträtaufnahmen bei 505.
— Sauerstoff im, komprimierter 497.
— Spektrum des 637.
— Vergaser für 502.
— Zirkonerde im 497. 503.
Kalkspatspektrographen 43. 44. 45. 46.
Kalziumlicht 560. 563.
Kameras, weiß austapezierte 315. 316.
Kanariengelb, Farbensensibilisator 265.
Keile, Absorption photographischer 199.
Kerze, internationale 641.
Kerzenbeleuchtung, Magnesiumaufnahmen mit dem Effekt von 522.
Ketten, photogalvanische 94. 95. 96.
Klima, photochemisches, von Ägypten und des Sudan 385.
Klimatologie und Photographie 364—403.
Knallgasgebläse im Kalklicht s. d.
Knochenasche im Blitzlichtgemisch 553.
Kobalt-Boraxglas, Absorptionsspektrum des 336.
Kobaltglas, Absorptionsspektrum des 336.
Kohleglas, Absorptionsspektrum des 339.
Kohlenoxyd als Normallichtquelle 89.
Kohlenoxyd im Licht 323.
Kohlenoxydgas und Chlor in der Photometrie 98. 99. 101.
Kollimator 17. 18.
Kollodiumverfahren, Dunkelkammerbeleuchtung 349.
Kompensations-Lichtfilter 348.
Komplementärfarben 4.
Kompoundprisma 21.
Kondensor 26.
Konkavgitter 58. 59.
— Abklatsch- 59.
Konkav-Gitterspektrographen 63. 64. 65. 66. 67. 68.
— — Fehler 69.
Kontrastfilter 266. 348.
Kontinuierliches Spektrum 5.
Kopieren bei elektrischem Licht 462—471. 629—631.
— bei Magnesiumbandlicht s. Magnesium.
— bei Quecksilberlicht 479. 480.
Kopierlampen 462—471. 629—631.
Kopierprozeß, Normalfarbenphotometer für den 146. 147. 148.
— Skalenphotometer im 150—159.
Kopieruhr „Fernande“ 163.
Kopiervorrichtungen für elektrisches Licht 466.
Kopierzylinder 469—471.
— Rex 470.
— Vakuumlichtpaus- 470. 471.
Kugelblitz 561.
Kugelphotometer s. Photometer.
Kupferoxydammoniak, Absorptionsspektrum von blauem 341.
— für Lichtfilter 341. 343.
Kupferoxydglas, Absorptionsspektrum des 334.
Kupferoxydul-Überfangglas, Absorptionsspektrum des 334.
Kupferrubinglas, Absorptionsspektrum des 334.
Kupfersalze im Blitzlichtgemisch 546.
Kupfersulfatlösung in der Photometrie 122.
Kurve, charakteristische 193.

SLUB Wir führen Wissen.
gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Lackmus im Licht 324.
Lampenlicht, Photographie bei 482. 483. 486. 487.
Leuchtfarbe als Normallicht 96. 126.
— Photographie mit der Balmainschen 513.
Leuchtgas s. Gaslicht.
Leuchtgasflamme als Normallichtquelle 89.
Leuchtkraft, chemische und photographische Wirksamkeit der verschiedenen Arten des Magnesiumlichtes 619.
Leuchtsätze s. Magnesium.
Leuchtsteine 513.
Licht, aktinisches 77. 81. 405.
— chemische Wirkungen des farbigen 242—318.
— Drummondsches s. Kalklicht
— elektrisches s. Lichtquellen.
— monochromatisches 4.
— Philipp 487.
— photochemische Wirkung auf lichtempfindliche Schichten 2.
— — — auf lichtunechte Farbstoffe 2.
— polarisiertes, im Himmelslicht 365.
— — Einfluß bei der Wolken-, Regenbogenphotographie usw. 365.
— ultraviolettes, zerstäubende Wirkung auf Bromsilbergelatine 275.
— — Absorption des durch Glimmer, Zelluloid usw. 302.
— Verhalten verschiedener lichtempfindlicher unorganischer Substanzen im farbigen 319—331.
— Wellenlänge des 2.
— Wirkung des farbigen Lichtes auf photographische Platten 7.
Lichtabgabe 73.
— Einheit der 73.
Lichtabnahme gegen den Horizont 367.
— -Absorption eines Lichtfilters und Zusammenhang mit dem photographischen Effekt auf lichtempfindlichen Platten 356.
— — in farbigen Gläsern und Farbrasterplatten 332.
— — von Wasserschichten und farblosen organischen Substanzen 357.
Lichtarten, entgegengesetzte Wirkung spektralverschiedener s. Herscheleffekt.
Lichtarten, Schwankungen des Skalenwertes von Papierskalenphotometern bei verschiedenen 156. 157.
Lichtbogen, elektrischer 411.
Lichtdurchlässigkeit der Autochromplatte s. d.
— von Alkohol 45.
— von Flußspat 45.
— von Glyzerin 45.
— von Kalkspat 45.
— von Quarz 45.
— von Steinsalz 45.
Lichteinheit, chemische 89.
— praktische 76.
Lichteinheiten für Photometrie s. Normallichtquellen.
— Tabelle der wichtigsten 88.
Lichtelektrische Apparate als Photometer 94. 95. 96.
Lichtelektrizität 71.
Lichtempfindlichkeit photographischer Präparate, Bestimmung 82.
Lichtempfindlichkeitsbestimmung s. Sensitometrie.
Lichtgenuß der Pflanzen 145.
Lichtfilter 266. 334. 341—358.
— additive 355.
— Ammoniumpikrat + Neupatentblau 345. 346.
— blaue Kupferoxydammoniaklösung 341. 343.
— Ammoniumbichromat 347.
— für Dreifarbenphotographie 354—356.
— für Ultraviolett 303. 357.
— Glas für 334.
— grünes für Erythrosinbadeplatte s. Grünfilter.
— Kaliumbichromat 346. 347.
— Kaliummonochromat 342.
— Kompensations- 348.
— Kontrast- 348.
— Methylviolett 343.
— Naphtolorange 347.
— Schutz- 348.
— Schwankung der relativen Belichtungszeit hinter 13.
— schwarzes 357.
— Säuregrün + Kaliumbichromat 345.
— Säureviolett 342.

Lichtfilter, Selektions- 348.
— subtraktive 355.
— Tolanrot 347.
— Trocken- — für Dreifarbenphotographie 355. 356.
Lichtintensität, Abhängigkeit von der Sonnenhöhe 367.
— für Orte derselben geographischen Breite 371.
— für Berlin und Orte gleicher geographischer Breite 375.
— für Wien 371.
— Messung 136. 137. 138. 139. 615.
— — der künstlichen Lichtquellen 615.
— Winkel bei elektrischen Bogenlampen 413.
— s. a. Lichtstärke.
Lichtkondensor für Kalklicht s. d.
Lichtmagnete 513.
Lichtmengen, Bestimmung der für photographische Prozesse in SMK 75.
— Messung reflektierter 75.
Lichtmeter 89.
Lichtmühle s. Radiometer.
Lichtpauserei bei elektrischem Licht 468 bis 471.
— mit Quecksilberlicht 470. 480.
Lichtquellen, Aktinometrie der photographischen Lichtintensität künstlicher 615.
— Bestimmung der Helligkeit zweier 210.
— chemische Helligkeit verschiedener 617—619.
— Eigenschaften verschiedener 430. 431.
— elektrische 408—431.
— — automatisch regulierende Bogenlampe 419. 420. 441.
— — Bivolt-Lampen 412.
— — Bogenlampen mit Scheinwerfern 420. 421.
— — Bogenlicht 411.
— — Dauerbrandlampen 412. 422. 446.
— — Doppelspannungslampe 412. 421.
— — Effektkohlenlampen 422. 461. 464.
— — Empirielampe 442—445.
— — Ewon-Bogenlampe 420.
— — Excello-Kugelflammenlampe 422.
— — Gleichstromlampen 412. 413. 420.
— — Glühlicht 408—411. 472—476.
Lichtquellen, elektrische, Handregulierlampen 417. 445.
— — Helialampe 422.
— — Hochspannungsdauerbrandlampe 422. 446. 465.
— — Janduslampe 422. 465.
— — Jupiterlampe 450. 475.
— — Kohlenfadenlampe 409. 408. 472 bis 475.
— — Liliput 422.
— — Lumineszenzlampen 412. 422.
— — Metallfadenlampen 409. 475.
— — Müllerlampe 445. 448.
— — Nernstlampe 92. 410. 411. 475.
— — Niederspannungsbogenlampe 412. 417—420.
— — Nortlightlampe 446.
— — Ökonomie der Bogenlampen 423.
— — Osmiumlampe 409.
— — Photolumenlampe 441.
— — Quecksilberlicht s. d.
— — Reginalampe 422. 446. 452. 465.
— — Schwachstrombogenlampen 418.
— — Simplicissima 446.
— — Sonja-Universallampe 447. 448. 465.
— — Sparbogenlampen 421.
— — Spektren der 632—637.
— — Stralsunder 448.
— — Tantallampe 409. 475.
— — Wechselstromlampen 412. 420.
— — Wolframlampe 409. 475.
— künstliche, Farbe 633.
— optische Helligkeit 78.
— relative Helligkeit der Farbenbezirke einiger 11. 78.
— verschiedene spektrale Zusammensetzungen des Lichtes verschiedener Lichtquellen 78.
Lichtreflexion von Naturobjekten und farbigen Pigmenten 359.
Lichtrichtungsanzeiger 396—401.
Lichtsauger 513.
Lichtsensibilisierung, dauernde 95.
Lichtstärke 72.
— beim Kalklicht 504.
— der Quecksilberquarzlampen 642. 643.
— gewöhnlicher Gleichstrombogenlampen mit Reinkohlen 415.

Lichtstärke, sphärische der Bogenlampen 414. 416.
— verschiedener Lichtquellen 78. 79.
— von Flammenbogenlampen mit nebeneinanderstehenden Kohlen 416.
Lichtstrahlen, negative Wirkung 306.
— Reflexion 2.
— stärker brechbare 4.
— unsichtbare 1. 2.
— — s. a. Infrarot, Ultraviolett.
— Wirkung auf photographische Platten 2.
Lichtstrahlung, Abhängigkeit von der Temperatur 5.
Lichtstrom 72.
— Einheit 72.
Lichtverlust bei der Reflexion 359.
— beim Durchgang des Lichtes durch verschiedene Gläser 332.
Lichtverteilung beim Gleichstrombogen 412. 413. 414.
— — Wechselstrombogen 412. 413.
Lichtwirkungsmesser s. Photergimeter.
Ligroinlampe als Normallichtquelle 90. 92.
Linien, Fraunhofersche 7. 8.
Linienspektrum 5.
Lithiumkarbonat im Blitzlichtgemisch 544.
Lockyer-Riegel 26.
Lucimeter 77. 150.
Luftspiegelung, Photographie der 394. 395.
Lumen 72.
Lumenstunde 77.
Lunten für Magnesium 567.
Lux 73.
Lux-Kopieruhr 154.
Luxograph 508.

Magnesium als Normallichtquelle 92. 93. 624. 625.
— Ateliers für Aufnahmen bei 584. 591 bis 595.
— Beseitigung des Rauches von brennendem 523.
— in Sauerstoff verbrennend 625.
— und Aluminium s. d.
— Zündung s. Magnesium.
— -bandlicht 518—522. 619. 621.
— — beim Kopieren von Pigmentpapier 523.
— — beim Vergrößern 522. 523.
Magnesiumband, Bestimmung der optischen Helligkeit 621.
— — in der Mikrophotographie 522. 523.
— Verbrennungsdauer 619.
Magnesiumblitzlicht 515—553.
— Anwendung in der Wissenschaft 602.
— Art der Flamme 607. 613. 614.
— Bestimmung der Verbrennungsdauer 607—613.
— chemische Leuchtkraft und Verbrennungsdauer von verschiedenen Arten des 627—629.
— Interieuraufnahmen bei 601.
— Photometrie 626. 627.
— Porträt- und Gruppenaufnahmen bei 596—601.
— -Blitzlichtgemische 539—552. 626.
— — gefahrlose 539. 553.
— — Mischvorrichtung für 540. 541.
— — mit Ammoniumnitrat 544.
— — mit Baryumsalzen 546. 548. 550.
— — mit Braunstein s. Mangansuperoxyd.
— — mit Ceriumnitrat 542.
— — mit Chloraten 546.
— — mit chromsauren Salzen 549.
— — mit Kadmiumnitrat 544.
— — mit Kalisalpeter 543.
— — mit Kaliumpermanganat 545.
— — mit Knochenasche 553.
— — mit Kupfersalzen 546.
— — mit Lithiumkarbonat 544.
— — mit Mangansuperoxyd 545.
— — mit Natriumnitrat 544.
— — mit Oxyden der seltenen Erden 549.
— — mit Perchlorat 546.
— — mit rotem Phosphor 546. 550.
— — mit Schwefelantimon 546.
— — mit Strontiumkarbonat 544.
— — mit Strontiumnitrat 542.
— — mit Thoriumnitat 542.
— — mit Vanadinsäure 549.
— — mit Wolframaten 549.
— — mit Zirkonnitrat 542.
— -blitzpulver 515. 541.
Magnesiumlicht 514—559.
— als Normallichtquelle in der Sensitometrie 624.
— beim Kopieren 605.

SLUB Wir führen Wissen.
gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Magnesiumlicht, chemische Helligkeit, Prüfung mit verschiedenen lichtempfindlichen Substanzen 622.
— chemische Leuchtkraft und photographische Wirksamkeit der verschiedenen Arten 616. 620. 622. 627.
— chemische Wirkung durch farblose Gläser 623.
— Geschichtliches 516—518.
— s. a. Blitzlampen.
— -Licht, kombiniert mit Tageslicht 595. 596.
— Photometrie 621.
— relative Aktinität 622.
— Spektrum des 637.
— -Lampen s. Blitzlampen.
— -leuchtgewebe 566.
— -leuchtsätze 515.
— — rauchschwache 541. 550. 552.
— — ungefährliche 553.
Magnesiumpapier 549.
Magnesiumpulver 541.
— Durchblasen durch die Flamme 525 bis 531. 626.
— — Eintragung von oben 531—535.
— Verbrennungsdauer 619.
— -pustlicht 515. 524. 535. 619.
Magnesiumsauerstofflampen 539. 562.
— in der Unterwasserphotographie 537. 538.
— -Sauerstofflicht 535—538. 625.
— -zeitlicht 515. 553—559.
— -zeitlichtkerzen 558.
— -zeitlichtpatronen 554—559.
Magnetitlampe 423.
Malachitgrün, Farbensensibilisator 269.
Manganglas, Absorptionsspektrum des 336.
Manganoxyd, oxalsaures, Verhalten im Spektrum 320.
Manganoxydulhydrat, Verhalten im Spektrum 321.
Mangansuperoxyd im Blitzlichtgemisch 545.
Massenwirkungsgesetz, chemisches 95.
Medaillon-Temps de Pose 231.
Metalle, pyrophore, Zündung mit 582.
— Zerstäubung im ultravioletten Licht 328.
Metallfadenlampe als Normallichtquelle 92.
Meteor-Blitzlampe 531.
Meteorologie und Photographie 364—403.
Meterkerze 73.
Methoden der spektrographischen Untersuchungen 24. 25.
Methylorange-Gelbfilter 351.
Methylviolett, Absorptionsspektrum 343.
— -Lichtfilter 343.
— Reflektionsspektrum 361.
Mikrophotographie 436. 461.
— mit Magnesiumband 522.
Mikrophotometer 199. 204. 205.
Miloriblau, Reflektionsspektrum 362.
Mineralöle im Licht 325.
Miniaturscheinwerfer Ewon 420.
Minimum der Ablenkung 6. 18.
Mita-Gasglühlicht 491. 492.
Mondlicht, Photographie bei 401—403.
Mondlandschaften, Photographie von 402. 403.
Monobromfluorescein, Farbensensibilisator 266. 295.
Monochromatisches Licht 4.
Moorelicht 427—430.

Nachbelichtung 314. 315. 316. 317.
— bei Bromsilbergelatineplatten 316. 317.
Nacht, Photographie in der, s. Photographie.
Nachtblitzlichtapparat 574—578.
Naphtholorange als Lichtfilter 347.
Natriumlinie 7.
Natriumnitrat im Blitzlichtgemisch 544.
Naturobjekte, Lichtreflexion 359.
Nebenbelichtung 314. 315.
— beim Entwickeln 310. 314.
Nernstlampe als Normallichtquelle s. d.
— in der Projektion 410. 411.
— in der Spektralanalyse 410. 411.
Nickel-Bleiglas, Absorptionsspektrum des 336.
Nigrosin, Farbensensibilisator 268.
Nitropheningelb, Farbensensibilisator 263. 265.
Nitroprussidnatrium in der Photometrie 120.
Nitrosodimethylanilin-Ultraviolettfilter 358.
Normaleisenentwickler 198.

SLUB Wir führen Wissen.
gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Normales Spektrum s. Spektrum.
Normalfärbung 131.
Normalkerze als Normallichtquelle, englische 83.
Normalfarbenphotometer 129—150.
— englische 146. 147. 148.
— für den Hervorrufungsprozeß 149. 150.
— in Büchsenform s. Büchsenphotometer.
— selbstregistrierendes 144.
— und Insolator 145.
Normallichtquellen, Amylazetatlampe 84. 85. 86. 210.
— Azetylenlampe 86. 87.
— Benzinlampe 90. 210.
— Carcellampe 84.
— elektrische Glühlampen 92.
— englische Normalkerze 83.
— für photometrische Zwecke 82. 210.
— Hefnerkerze 84. 85.
— internationale Kerze 641.
— Leuchtgasflamme 89.
— Licht des weißglühenden Platins 83. 88.
— Ligroinlampe 90. 92.
— Magnesium 92. 93. 624. 625.
— Metallfadenlampen 92.
— mit Kohlenoxyd 89.
— Nernstlampen 92.
— Paraffinkerze 83.
— Pentanlampe 86.
— phosphoreszierende Substanzen als 96. 126.
— Tabelle der wichtigsten 88.
— Walratkerze 83.
Normalien für die Helligkeit von Wohnräumen 75.
Normalpapier, photographisches 129. 130. 131. 144.
Normalphotometer 125.
Normalschwarz 131.

Öle, fette, im Licht 325.
Olivinlicht 505.
Opazität 190. 198.
Optische Expositionsmesser s. d.
— — Helligkeit künstlicher Lichtquellen 404. 405.
— und photographische Wirksamkeit 405.
— Photometrie 71.
Orangefilter 347.
Organische Substanzen im Licht 324. 325. 326.
Orion-Blitzlampe 530.
Orthochrom, Farbensensibilisator 267. 311.
Orthochromatische Platten, Messung der Gesamtempfindlichkeit 213.
— — sensitometrische Prüfung 212. 213.
— — Untersuchung auf Farbenempfindlichkeit mit Lichtfiltern 213.
— Photographie, Schätzung der Leuchtkraft farbiger Flächen 178. 179—182.
Oxalsäure in der Photometrie 105. 106.
Oxydationsbeschleunigung durch rotes Licht 250. 322. 323.
Oxydationstheorie 289.
Oxyde der seltenen Erde im Blitzlichtgemisch 549.
Oxy-Hydrogen-Kalklicht s. Kalklicht.

Papiere, Reflexionsfähigkeit farbiger 75.
Papierskalenphotometer, Absorptionsgesetze zur Skalenwertbestimmung 154. 155. 156. 157.
Paraffinkerze als Normallichtquelle 83.
Paraffinlampen in der Photographie 482.
Paraphenylendiamin für ultraviolettempfindliches Papier 330. 331. 642.
Pendelapparat in der Photometrie 132.
Pentanlampe als Normallichtquelle 86.
Perchlorat im Blitzlichtgemisch 546.
Perkussionszündung für Magnesium 580 bis 582.
Persulfat, Zerstörung der Solarisation durch 310.
Petroleumlicht beim Photographieren 482.
— beim Vergrößern 483.
— mit Sauerstoff 482. 483.
Pflanzen, Lichtwirkung auf 145.
Pflanzenteile, Wirkung von Ultraviolett auf die Vegetation grüner 328.
Phänomen, Purkinjes s. d.
Phenol im Licht 325.
Phenylendiaminpapier s. Diaminpapier.
Phloxin, Farbensensibilisator 266.
Phosphor im Blitzlichtgemisch, roter 546. 550.
— verbrennender, Photographie bei 509.
Phosphoreszenz-Photometer 126. 128.

SLUB Wir führen Wissen.
gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Phosphoreszierende Substanzen als Normallichtquelle 96. 126.
— — in der Photometrie 121. 126. 128.
Phot 76.
Photantitypimeter 77. 114. 115. 116. 117.
Photobromid, Solarisation bei 304.
Photobromidplatten 273.
Photochemische Induktion s. d.
— Reaktionen, Wirkung farbigen Lichtes auf 322.
— Wirkung des Lichtes 2.
Photochlorid s. Silberphotochlorid.
Photoelektrische Ströme als Photometer 94.
Photergimeter 77. 143.
Photogalvanische Ketten als Photometer 94. 95.
Photogenic Composition 507.
Photographie bei Azetylenlicht 494. 495.
— bei Feuersbrünsten 485.
— bei Gasglühlicht 487. 488.
— bei Gaslicht 481. 482. 486. 487.
— bei Holzfeuer 485.
— bei Kerzenlicht 481.
— bei künstlichem Licht 404—407. 436. 476.
— bei Magnesiumlicht 514—559.
— bei Mondlicht 401—403.
— bei Nacht 486.
— bei Nacht mit elektrischem Licht 438.
— bei Öllampenlicht 482.
— bei Petroleumlicht 482.
— bei Quecksilberlicht 476. 478.
— des infraroten Spektrum 268. 269.
— des Ultraviolett kürzester Wellenlänge 53.
— im Zusammenhang mit Meteorologie und Klimatologie 364—403.
— mit infrarotem und ultraviolettem Licht auf Bromsilbergelatine 302. 303.
Photographische Präparate, Empfindlichkeitsprüfung 71.
Photographometer 164.
Photojodid s. Silberphotojodid.
Photokompaß 238. 239.
— chemische, an der Visierscheibe 126.
— — mit Chlorgas und Wasserstoffgas oder Kohlenoxydgas 98. 99.
— — mit Chlorwasser 102. 103.
— — mit Ferrichlorid und Oxalsäure 112.
— — mit Ferrioxalat 112. 113.
Photometer, chemische, mit Gasen und Flüssigkeiten 98 u. ff.
— — mit Jodoformchloroformlösung 120.
— — mit Jodwasserstoffsäure 102. 103. 104.
— — mit Kohlenoxyd und Chlor 101.
— — mit Nitroprussidnatrium 120.
— — mit Oxalsäurelösung 105. 106.
— — mit Quecksilbersalzen 106—112.
— — mit Uranylverbindungen 112. 113.
— elektrochemische 94.
— kombinierte Skalen- und Normalfarben- 160—163.
— Kugel-, für elektrisches Bogenlicht 414. 415.
— Leutner 163.
— mit rotierenden Scheiben 164. 165. 166—182.
— mit vorbeigezogenen Schlitzen 164. 165.
— nach Husnik 122.
— Normalfarben- 129—150.
— optische, photographische Verwertung 121. 187.
— Phosphoreszenz- 121. 126. 128.
— Röhren- 126. 138.
— selbstregistrierendes 142. 143.
— Skalen-, s. d.
— -Papier 251.
Photometerskalen s. Skalen.
Photometerzimmer, Beschaffenheit 83.
Photometrie, charakteristische Größen 190.
— chemische 71. 98 u. ff.
— der chemisch wirksamen Strahlen 71.
— der chemischen Helligkeit von brennendem Aluminium 620. 621.
— — — — von brennendem Magnesium 627.
— — — — von brennendem Phosphor 627.
— der elektrischen Bogenlampe 414. 415.
— Grundsätze der 72. 73.
— mittels des Bolometers 71.
— mittels des Radiometers 71. 93.
— mittels Lichtelektrizität 71. 94. 95. 96.
— mittels photographischer Schichten 129.
— optische 71.
— Prinzip der chemischen 77.
— System Hurter & Driffield 219.
— verschiedenfarbiger Lichtquellen 80.

SLUB Wir führen Wissen.
gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Photometrie, von elektrischen Kopierbogenlampen 629—631.
Photometrische Größen und Einheiten 74.
— Lichteinheit. internationale Kerze 641.
— Methoden mit Bestimmung des durch die Lichtwirkung erlittenen Gewichtsverlustes 119.
— — mit gewichtsanalytischer Bestimmung des zersetzten Eisensalzes 119.
— — mit Messung des entweichenden Kohlensäuregases 112. 113.
Photosphäre 7.
Photospektrograph 5.
— s. a. Spektrograph.
Photospire-Blitzlampe 524.
Physikalische Entwicklung des Jodsilberkollodiums 276. 277.
Pigmente, Lichtreflexion farbiger 359.
Pigmentverfahren, Skalenphotometer für das — s. Skalenphotometer.
Pikrinsäure-Gelbfilter 351.
Pinachrom, Farbensensibilisator 267.
Pinacyanol, Farbensensibilisator 267. 268.
Pinaverdol, Farbensensibilisator 266.
Pinorthol-Gelbfilter 353.
Plate Tester 222.
Platin als Normallichtquelle, Licht des weißglühenden 83. 88.
Platten, Wirkung des Sonnenspektrums auf photographische 242.
Plattenprüfer 222.
Plückersche Röhren s. Geißlerröhren.
Pneumatische Magnesiumzündung s. Magnesium.
Polarisationsphotometer 199. 200. 201. 202. 203.
Porträtphotographie bei Azetylenlicht s. d.
— bei Gasglühlicht s. d.
— bei Magnesiumlicht s. d.
— elektrisches Licht in der 432—450.
— farbige Beleuchtung für 449.
— mit Kalklicht 505.
Positivprozeß, Hilfsbelichtung im 317. 318.
Prisma, Abhängigkeit der Farbenausdehnung vom Stoffe des 14.
— Kompound- 19. 21.
— mit Bergkristall 14.
— mit Flintglas 14.
Prisma mit Kalkspat 14.
— mit Kronglas 14.
— mit Quarz 14.
— mit Thalliumglas 21.
— Rutherford- 19. 21.
Prismatisches Spektrum s. d.
Prismen mit Flüssigkeiten 21.
— geradsichtige 21.
Prismenspektralapparate 17. 18. 19. 20. 21. 22. 23. 26. 27. 28. 29. 30. 31. 34. 35. 39. 40.
Projektion mit Kalklicht 499.
Projektionsapparat mit elektrischem Licht 472.
— mit Gasglühlicht 489—492.
Projektionslampen 417—420. 472. 489. 494. 495. 496.
Prüfung der Empfindlichkeit photographischer Präparate 71.
— von Platten für Dreifarbendruck 216.
Prüfungsresultate von Handelsplatten 215.
Purkinjesches Phänomen 79. 363.
Pustlicht s. Magnesium.
Pyrophore Metalle als Zünder 581. 582.

Quarzlampe 426. 427. 470. 480.
— Verwendung in der photographischen Praxis 426. 470. 480.
Quarzprisma nach Cornu 44.
Quarzprismen 14. 44. 45. 46.
Quarzspektrograph 46. 47. 48. 49. 50. 51. 52.
— mit gekrümmter versilberter Reflexionsfläche 52.
Quecksilberbogenlampe 424—427. 476 bis 480.
Quecksilberchlorid im Licht 324.
Quecksilberdampfhervorrufung in der Daguerreotypie s. Jodsilber.
Quecksilberdampflampe 424—427.
— beim Kopieren 477. 479.
— Cooper-Hewitt- 424. 425. 470—479.
— Hageh 425. 479.
— in der Kinematographie 479.
— in der Lichtpauserei 470. 480.
— in der photographischen Praxis 476 bis 480.
— spektrale Zusammensetzung des Lichtes der 636.

SLUB Wir führen Wissen.
gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Quecksilberdampflampe, Spektralzonen mit 637.
Quecksilberjodid im Licht 324.
Quecksilberjodür im Licht 324.
Quecksilberlicht, intensives monochromatisches 636. 637.
Quecksilberoxalatgemisch im Licht 106. 324.
Quecksilberoxalatphotometer 106—112. 324.
Quecksilberquarzlampe s. Quarzlampe.
Quecksilberquarzglaslampe 426. 427.
— ultraviolettes Licht der 426. 427.
— Messung der Intensität 642. 643.
Quecksilbersalze in der Photometrie 106 bis 112.

Radiometer, Photometrie mittels 71. 93.
Rauchfänger s. Blitzlicht.
— -Säcke s. Blitzlicht.
Rayons continuateurs 313—318.
— excitateurs 313—318.
— — Wirkung beim Zustandekommen photographischer Bilder 314.
Reaktionen organischer Substanzen im ultravioletten Licht 330.
— — — s. a. Ultraviolett.
— photochemische, Ultramikroskopie der 330.
Reaktionsgeschwindigkeit, chemische 95.
Rechenschieber-Expositionsmesser 239.
Reflektoren beim Kopieren mit elektrischem Licht 464. 465.
Reflektionsspektren von Alizarinrotlack 361.
— von Chromgelb 360.
— von Druckfarben 360. 361.
— von Gelblack 361.
— von Methylviolett 361.
— von Miloriblau 362.
— von Schweinfurtergrün 361.
— von Zinnober 360.
Reflexion der Lichtstrahlen 2. 359.
Reflexionsfähigkeit farbiger Papiere in bezug auf weißes Licht 75.
Reform-Blitzlampe 530.
Refraktionsspektrum 4.
Regenbogenphotographie 365.
Regina-Blitzlampe 530.
Rembrandt-Taschen-Blitzlampe 583.
Reproduktion farbiger Objekte, Einfluß der Art des elektrischen Bogenlichtes 461.
— farbige Beleuchtung in der 461.
Reproduktionsapparat mit Azetylenbeleuchtung 495.
Reproduktionsateliers mit elektrischem Licht 450—462.
— mit Quecksilberlicht 476—480.
Reproduktionsbogenlampen 452—461.
Reziprozitätsregel, photographische 75. 209.
Rhaco-Blitzlampe 569.
Rhodaminbromsilberpapier 252. 253.
Riegel bei Spektralapparaten 26.
Röhrenphotometer 126. 138. 182—187.
— an der Visierscheibe 126.
Röntgenstrahlen, Einfluß auf die Farbenempfindlichkeit 273.
Rose bengal, Farbensensibilisator 294.
Rotes Dunkelkammerlicht 353.
— — mit Kupferrubin 353.
— — mit Rose bengal 353.
— — mit Rot und Dunkelrot Höchst 354.
— — mit Tolanrot 353.

Salpeterpapierlunten 547. 567.
Sauerstoff im ultravioletten Licht 327.
— komprimierter, im Kalklicht s. d.
— Verbrennen von Magnesium in 535—538.
Säuregrün und Kaliumbichromat als Lichtfilter 345.
— -Lichtfilter 345.
Säureviolett, Absorptionsspektrum 342. 343.
— -Lichtfilter 342.
Scheiben, rotierende, mit farbigen Sektoren 178—182.
Scheinwerfer bei Bogenlampen 420. 421. 454. 463.
— Ewon 420.
Schirmwirkung des Farbstoffes 286.
Schleier, Bestimmung des 192.
Schutzfilter 348.
Schwankung der Stärke des ultravioletten Lichtes bei natürlicher Beleuchtung 387.
Schwankungen der chemischen Lichtintensitäten bei scheinbar klarem Himmel 388.
— — — — im Laufe des Jahres 393.

SLUB Wir führen Wissen.
gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Schwankungen der spektralen Zusammensetzung des Tageslichtes mit der Sonnenhöhe 13.
— des Skalenwertes von Papierskalenphotometern 156. 157.
— in der relativen Belichtungszeit hinter Filtern 13.
Schwarzes Lichtfilter für Ultraviolett 357.
Schwärzung photographischer Platten 190. 191. 192.
— — — Messung 197—208.
— von Bromsilber, direkte 251.
Schwärzungskurven, Methode zur Konstruktion 195.
Schwärzungsmessung von Chlorsilberpapier s. Normalfarbenphotometer.
Schwärzungszahl 198.
Schwefel, verbrennender — in der Photographie 509. 510.
Schwefelantimon im Blitzlichtgemisch 546.
Schweflige Säure, Verhalten im Spektrum 322.
Schwefelkohlenstoff-Stickoxydlicht 509 bis 511.
Schwefelnatrium, Verhalten im Spektrum 322.
Schweinfurtergrün, Reflektionsspektrum 361.
Schwellenwert 175. 188. 208.
Sedinia-Blitzlampe 529.
Sehpurpur im Licht 326.
Selektions-Lichtfilter 348.
Selenglas, Absorptionsspektrum des rötlichen 339.
Selenphotometer 96.
Sensibilisatoren, optische 243. 261.
— selektive 261.
Sensibilisierungsmaximum 260.
Sensitometer 168—182. 188. 624.
— Einfluß der Kerzendistanz auf die Angaben des 174.
— für die Dreifarbenphotographie 181.
— mit farbigen Lichtschirmen 217.
— mit phosphoreszierenden Schichten 226.
— mit Rauchglaskeil 228.
— von Stolze 187.
— von Warnerke 226.
— Wirkung intermittierender Beleuchtung beim 174.
Sensitometrie 129. 168—182. 188. 208 bis 215.
Sensitometrische Prüfung farbenempfindlicher Platten 212. 213.
Silber, kolloidales, in der Bromsilbergelatine 272. 273.
Silberphotochlorid, Farbenanpassung 287 bis 290.
— Natur des 318.
— Verhalten gegen das Sonnenspektrum 296.
Silberchlorür 285.
Silberphotobromid 286. 296.
Silberphotochlorid 284—286. 318.
Silberphotohaloide 280. 286. 287—290. 295—298.
Silberphotojodid 280. 296.
Silbersalze, Wirkung der farbigen Strahlen auf 247.
Silberspiegel, Absorptionsspektrum der metallischen 339.
Silber-Überfangglas, Absorptionsspektrum des 337.
Skalen für Photometer, durch Druckverfahren erzeugte 159.
— — photographische Erzeugung 157. 158. 159.
Skalenphotometer 150—159.
— kombinierte Normalfarben- und 160 bis 163.
— mit Kollodiumhäutchen 157.
— mit Papierskalen 150—157.
— mit Prismen aus gefärbtem Glas 157.
— mit Wachstaffet 157.
Skalenwert von Papierskalenphotometern, Absorptionsgesetze zur Bestimmung des 154—157.
— — — Schwankungen des 156.
Solarisation bei Photobromid 273.
— im Rot 289.
Solarisationserscheinungen auf Jodsilber 281.
— bei orthochromatischen Platten 311. 312.
— im Spektrum 303—313.
— Perioden der 304.
Solarisationsphänomen, Hemmung 310.
— Wegbeizen mit Chromsäure 311. 314.
Sonnenblitz 565.

SLUB Wir führen Wissen.
gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Sonnenhöhe, Abhängigkeit der Lichtintensität von der 367.
— Schwankungen der spektralen Zusammensetzung des Tageslichtes mit der 13.
Sonnenlicht, Aktinometrie des 177.
— direktes, Verhältnis der chemischen Intensität zu der des zerstreuten Himmelslichtes 386—388.
— Farben- und optische Helligkeitsverteilung im normalen Spektrum 11.
— gemeinschaftliche Wirkungen mit dem Himmelslicht 375.
— Helligkeit 401.
— Reichtum an Ultraviolett in bedeutenden Höhen 9.
— Spektrum 1.
— — Wirkung auf Bromsilber 251.
— — Wirkung auf photographische Platten 243.
— und Tageslicht, chemische Helligkeit 146.
— Verteilung der chemischen Lichtwirkung auf der Erdoberfläche 370. 371.
— s. Himmelslicht.
Sonnenspektrograph 31. 32.
Sonnenspektrum, Helligkeit der einzelnen Bezirke des 10.
— s. Spektrum.
Sonnenstrahlung, Abhängigkeit des Transmissionskoeffizienten der Atmosphäre für die — von Feuchtigkeit, Luftdruck usw. 387.
— lichtelektrische Photometrie der 96.
Speed 221.
Spectroscope à vision directe 22.
Spektralanalyse 1.
— Bestimmung der Absorption farbiger Schichten mittels quantitativer 341—348.
Spektralapparate 5—39.
— Eichung 6. 7.
— mit Prismen 17. 18. 19. 20. 21. 26. 27. 28. 29. 30. 31. 34. 35. 39.
— mit Magnaliumspiegeln 36.
— mit Silberspiegeln 36.
— mit versilbertem Quarz 36.
— Spalt der 17. 25.
— Universal- 20. 21.
Spektrale Zusammensetzung des elektrischen Lichtes 632—637.
— — des Tageslichtes, Schwankungen mit der Sonnenhöhe 13.
Spektralzonen mit Quecksilberdampflampen 637.
Spektrograph 5. 17. 18. 19. 20. 21. 26. 27. 28. 29. 30. 31. 34. 35.
Spektrographen, Einfluß der Glassorte auf den photographischen Effekt der 42.
Spektrographische Untersuchungen, Methoden der 24. 25.
Spektrophotometrie 72.
Spektroskope 19. 22. 23.
— mit gerader Durchsicht 22.
— Taschen- 22. 23.
— Vergleichs-, für Farbentechniker 23.
Spektrum, Beugungs- 14. 56.
— des Quecksilberlichtes 636.
— des Sonnenlichtes 7.
— — — Farben- und optische Helligkeitsverteilung 11.
— Diffraktions- 14. 56.
— Emissions- 5.
— erregende Strahlen des 313—318.
— fortsetzende Strahlen des 313—318.
— Gitter- 14. 15. 56.
— kontinuierliches 5.
— Linien- 5.
— Minimum der Ablenkung 6. 17.
— normales 15.
— prismatisches 3. 15.
— Refraktions- 4. 15.
— sichtbare Ausdehnung 1.
— Solarisationserscheinungen im 303 bis 313.
— Verhalten der arsenigen Säure im 322.
— — der Chromate im 319.
— — der Eisenverbindungen im 320. 321.
— — der schwefeligen Säure im 322.
— — des Eisenoxydulhydrats im 321.
— — des Eisenvitriols im 321.
— — des Manganoxydulhydrats im 321.
— — des metallischen Arsens im 321.
— — des oxalsauren Manganoxyds im 320.
— — des Schwefelnatriums (ein- und mehrfach) im 322.
— — des Schwefelwasserstoffwassers im 322.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Spektrum, Verhalten verschiedener lichtempfindlicher unorganischer Substanzen im 319—331.
— von Drummondlicht 637.
— von Magnesiumlicht 637.
— Wirkung auf photochemische Reaktionen 322. 323.
Spektrumphotographie 1. 6. 7. 14. 15. 24.
— auf Bergeshöhen 9.
— künstlicher Lichtquellen 632—640.
— mit Glaslinsen 9.
— mit Quarzlinsen 9.
— von Infrarot 268. 269.
Spielraum in der Belichtung 196. 197.
Spiritusgasglühlicht 491. 492.
Standard-Expositionsmesser 232.
Stefansches Gesetz 5.
Stella-Blitzlampe 581.
Strahlen, erregende d. Spektrums 313—318.
— fortsetzende des Spektrums 313—318.
— Photometrie der chemisch wirksamen 71.
— Schumannsche 53.
— Wirkung farbiger auf Silbersalze 247.
Strahlung, Lichteffekt der 633.
Ströme, photoelektrische, als Photometer 94. 95.
— — in der Photometrie des Ultraviolett 96.
Strontiumkarbonat im Blitzlichtgemisch 544.
Strontiumnitrat im Blitzlichtgemisch 542.
Stufengitter 70.
Stufenspektroskop 70.
Substanzen, farblose, Farbensensibilisierung von Bromsilber 270.
— phosphoreszierende als Normallicht 96. 97.
— zur Erzeugung ziemlich homogenen Lichtes 3.
Subtraktive Lichtfilter 355

Tageslicht, Schwankungen der spektralen Zusammensetzung des — mit der Sonnenhöhe 13.
— -Aufnahmen, Anteil des Ultraviolett 298 299—302.
Talbot 77.
Tartrazin-Gelbfilter 351.
Taschenspektroskop 22. 23.
Teleobjektive in der Spektrumphotographie 41.
Temperatur, Abhängigkeit der farbigen Lichtstrahlung von 5.
— — der Lichtstrahlung von 5.
Tetrabromfluoresceinnatrium, Farbensensibilisator s. Eosin.
Tetrajodfluoresceinnatrium, Farbensensibilisator s. Erythrosin.
Thermosäule in der Photometrie 96.
Thiazolgelb, Farbensensibilisator 263. 265.
Thoriumnitrat im Blitzlichtgemisch 542.
Tieraufnahmen in der Nacht bei Magnesium 574—578.
Tip-Top-Blitzlichtpackung 565.
Titanchloridlicht in der Photographie 512.
Titanscharlach, Farbensensibilisator 264. 266.
Tithonometer 77. 98. 99.
Tolanrot als Lichtfilter 347.
Torpedoblitz 565.
Torzündung 571.
Transparenz 190.
Trocken-Lichtfilter für Dreifarbenphotographie 355. 356.
Trockenplatten, Empfindlichkeitsmessung von 188. 189.
— — s. a. Sensitometrie.

Überexposition, Periode der 195.
Ultramikroskopie photochemischer Reaktionen 330.
Ultraviolett, Absorption des Glimmers und Zelluloids im 302.
— Absorption durch Sauerstoff 53.
— Anteil bei Tageslichtaufnahmen 298.
— Durchlässigkeit in Wasserstoff 53.
— Empfindlichkeit des Auges für 1.
— Fluoreszenzwirkung 14.
— kürzester Wellenlänge, Photographie des 53.
— Reaktionen im 329.
— Zerstäuben von Metallen im 328.
— zerstäubende Wirkung auf Bromsilbergelatine s. d.
Ultraviolettempfindliches Papier 330. 331. 642.
Ultraviolettes Licht der Quecksilberquarzglaslampe 426. 427.

SLUB Wir führen Wissen.
gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Ultraviolettes Licht, Photographie bei 302. 303.
— — Schwankung der Stärke des — bei natürlicher Beleuchtung 387.
— — Wirkung auf Ammoniumpersulfat 329.
— — — auf Äthylen und Wasserstoff 329.
— — — auf Bromat- und Chloratlösungen 328.
— — — auf Bromwasserstoffsäure 329.
— — — auf die Vegetation grüner Pflanzenteile 328.
— — — auf Kaliumnitrat 329.
— — — auf Kaliumperkarbonat 329.
— — — auf Knallgas 329.
— — — auf Kohlenoxychlorid 328.
— — — auf Methylalkoholdampf und Luft 329.
— — — auf photochemische Systeme 327.
— — — auf Sauerstoff 327.
— — — auf Wasser 327. 328.
— — — im Deaconprozeß 329.
Ultraviolett-Filter 298. 357.
— — Lichtfilter, Acridingelb 358.
— — Kanariengelb 359.
— — Nitrosodimethylanilin 359.
— — Säuregelb 358.
— — Triamidoazobenzol 358.
Umkehrungserscheinungen 309.
— s. a. Solarisation.
Undurchlässigkeit gegen Licht 190. 191.
Unschärfe durch wallende Bewegung der Atmosphäre 394.
Unsichtbare Lichtstrahlen s. d.
Unterexposition, Periode der 195.
Untersuchungen, Methoden der spektrographischen 24. 25.
Unterwasserphotographie 537. 538.
Uranalkalisilikatglas, Absorptionsspektrum des 336.
Uranglas, Absorptionsspektrum des 336.
— — des bleihaltigen 336.
Uranylsalze in der Photometrie s. Photometer.
Uranylverbindungen in der Photometrie 112. 113.
Uviolglas 425.
— in Spektrographen 42.
Uviolobjektiv 299.

Vakuumlichtpauszylinder s. Lichtpauserei.
Vakuumspektrograph 44. 53. 54. 55. 56.
Vanadinsäure im Blitzlichtgemisch 549.
Verbrennungsdauer von Magnesiumblitzlicht 607—613.
Verbrennungsgeschwindigkeit von Blitzlicht, Bestimmung 608—613.
Vergaserdosen für Kalklicht f. d.
Vergleichsspektroskop für Farbentechniker 23.
Vergrößern bei elektrischem Licht 433 bis 436. 472.
— mit Gasglühlicht s. d.
— Gaslicht 483.
— Magnesiumbandlicht 522.
Vibrotypen 395.
Vorbelichten von Bromsilberplatten 268. 269. 316.
Vorbelichtung 208. 268. 269. 315. 316.

Walratkerze als Normallichtquelle 83.
Wasser, Absorption von Licht in 357.
— Sterilisation durch ultraviolettes Licht 327. 328.
— Zerlegung durch ultraviolette Strahlen 328.
Weißfeuer, bengalisches 506—508.
Wellenlänge des Lichtes s. Licht.
— kürzeste 9.
Wellenlängen der Hauptfarben und der Farbengrenzen 10.
— -Messungen mit dem Gitterspektrographen 69.
Wirkung von farbigen und farblosen Medien in bezug auf Photographie 332.
Wohnräume, Normalien für die Helligkeit der 75.
Wolframate im Blitzlichtgemisch 549.
Wolkenphotographie 365.
Wollschwarz, Farbensensibilisator 268.

Xanthophyll im Lichte 326.

Zahl, aktinographische 221.
Zeitlicht s. Magnesium.
— — Kerzen 558.
— — Tip-Top 558.
— — Patronen, Magnesium- 554—559.
Zelloidinpapier 284.

SLUB Wir führen Wissen. gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Zelluloid, Absorption des Ultraviolett durch 302.
— — Lunten 569.
Zeroplatte 304.
Zerozustand 304.
Zerstäuben von Metallen im Ultravioletttlicht 328.
Zerstäubung von Bromsilber durch Ultraviolett 275.
Zinkäthyl 563.
Zinklicht 560. 563.
Zinnober, Reflektionsspektrum 360.
Zirkonerde im Kalklicht s. Kalklicht.
Zirkonnitrat im Blitzlichtgemisch 542.
Zündsätze s. Feuerwerk, Weißfeuer.
Zündung, elektrische, von Magnesium s. d.
— pneumatische 578.
— mit Friktion 582.
— mit pyrophoren Metallen 582.
Zusammenhang zwischen Lichtabsorption eines Lichtfilters und des photographischen Effektes auf lichtempfindlichen Platten 357.
Zusammensetzungen des Lichtes verschiedener Lichtquellen, verschiedene spektrale 78.
Zustand, neutraler 304.
Zwischenlichteinheit s. Benzinlampe.
Zwischenlichtquelle s. Benzinlampe.

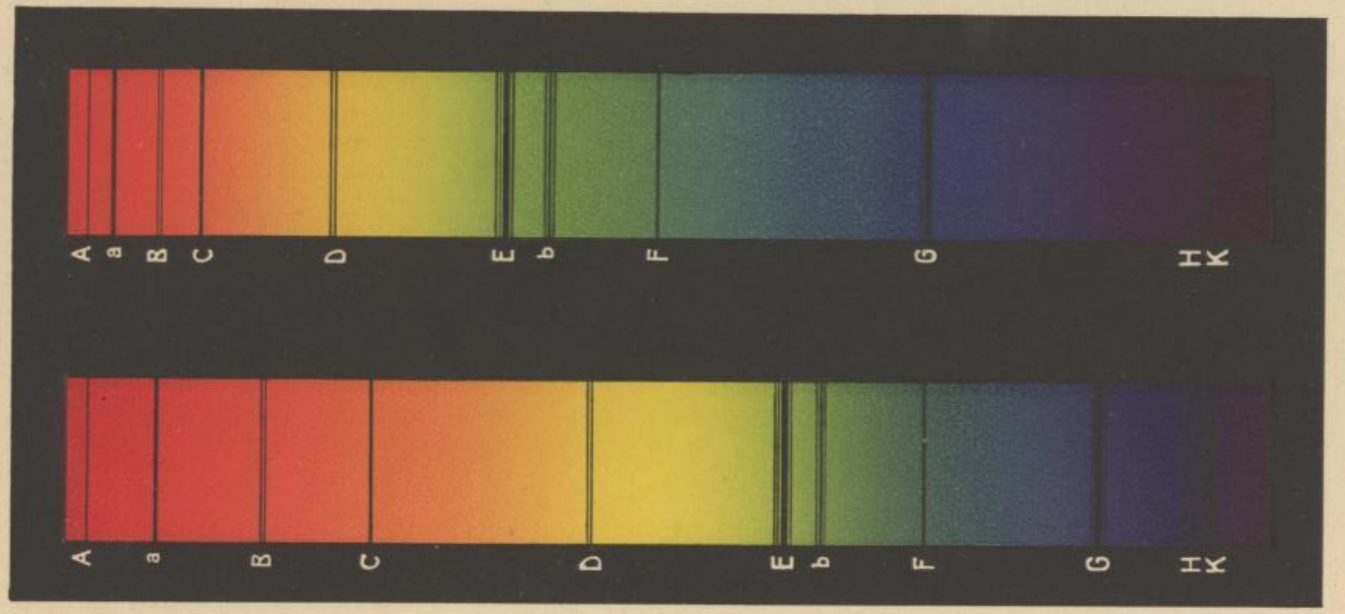
SLUB Wir führen Wissen.
gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

Druckfehler-Verzeichnis.

S. 9 Z. 10 v. u.: „Pic de Teide“ statt „Pic de Tyde“.
S. 61 Z. 3 v. u.: „Toepfer“ statt „Töpfer“.
S. 70 Z. 5 v. o.: „Toepfer“ statt „Töpfer“.
Auf den ungeraden Seiten von S. 73 bis S. 97 im Kolumnenkopf: „Die Photometrie der . . . . .“ statt „Die Photographie der . . . . .“.
S. 87 Z. 12 u. 25 v. o.: „Féry“ statt „Ferry“.
S 109 Z. 19 v. o.: „Winther“ statt „Winter“.
S. 153 Z. 5, 6 u. 13 v. o.: „Kissling“ statt „Kiesling“.
S. 171 Z. 8 u. 11 v. o.: „Toepfer“ statt „Töpfer“.
S. 179 Z. 1 v. u.: „Bezold“ statt „Betzhold“.
S. 238 Z. 5 u. 6 v. o.: „Decoudun“ statt „Decoudin“.
S. 239 Z. 22 v. o.: „Decoudun“ statt „Decoudin“.
S. 239 Z. 4 v. u.: „Wachtl“ statt „Wachtel“.
S. 268 Z. 16 v. o.: „Scoble“ statt „Scable“.
S. 290 Z. 4 v. u.: „Menge“ statt „Mengo“.
S. 301 Z. 16 v. o.: „Schumann“ statt „Schuhmann“.
S. 315 Z. 19 v. o.: „Wortley“ statt „Worthley“.
S. 318 Z. 6 v. u.: „Baur“ statt „Bauer“.
S. 324 Z. 4 v. u.: „Cernovodeanu“ statt „Cernovodeann“.
S. 327 Z. 7 v. u.: „Herchefinkel“ statt „Herchfinkel“.
S. 351 Z. 20 v. u.: „Tartrazin“ statt „Tartazin“.
S. 358 Z. 15 v. o.: „Kalähne“ statt „Kalahne“.
S. 364 Z. 11 v. o.: „Marchand“ statt „Marcand“.
S. 364 Z. 12 v. o.: „Holetschek“ statt „Holetscheck“.
S. 366 Z. 15 v. u.: „Baxendell“ statt „Raxendell“.
S. 379 Z. 7 v. u.: „Dr. Spitaler“ statt „D. Spitaler“.
S. 387 Z. 5 v. u.: „Messungen“ statt „Messuugen“.
S. 391 Z. 5 v. o.: „Samec“ statt „Somec“.
S. 396 Z. 1 v. o. und Figurenbezeichnung „Aktinosemantor“ statt „Aktisonometer“.
S. 415 Z. 22 v. o.: „Gleichstrombogenlampen“ statt „Geichstrom . . . . .“.
S. 583 Z 1 v. u.: „Fattinger“ statt „Faltinger“.
S. 599 Z. 15 v. u.: „Georg“ statt „Gustav“.

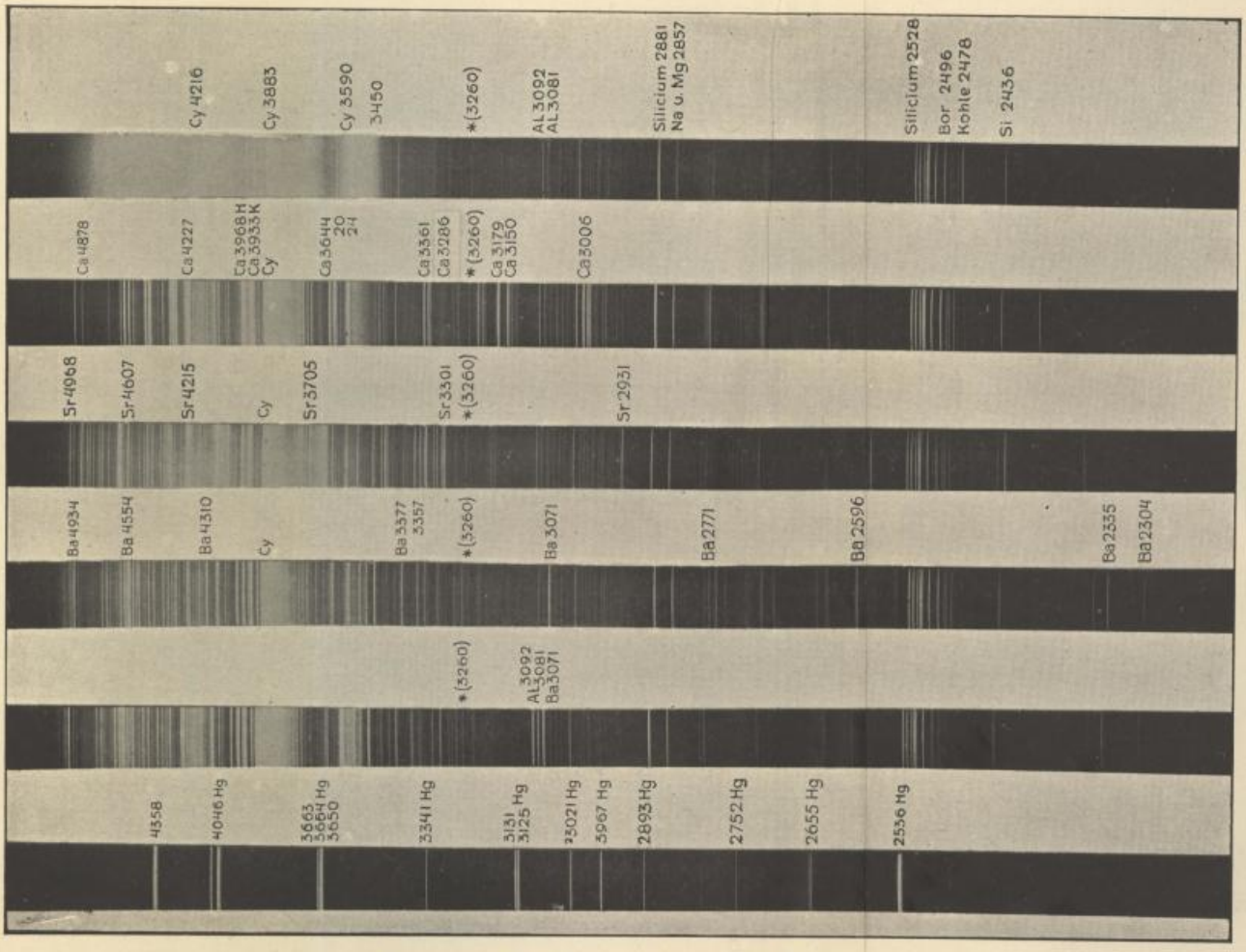
Buchdruckerei des Waisenhauses in Halle a. d. Saale.

SLUB Wir führen Wissen.
gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG



1. Prismatisches Sonnenspektrum. — 2. Normales Sonnenspektrum mittels des Gitterspektrographen.
(Die Buchstaben bezeichnen die Fraunhoferschen Linien.)

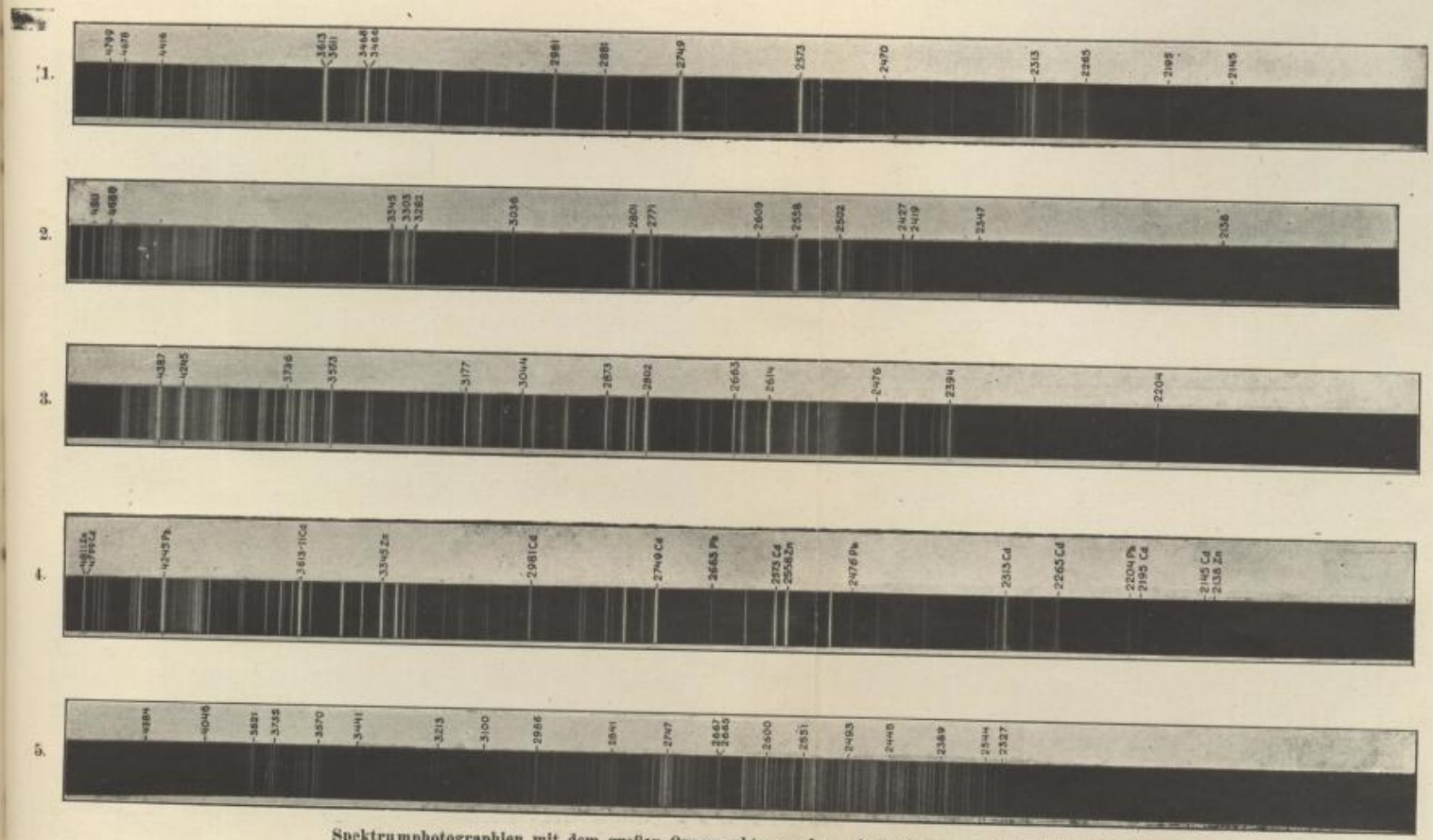
SLUB Wir führen Wissen.
gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG



Bogenspektren im Gitterspektrograph (vgl. Fig. 48).

1. Spektrumphotographie des elektrischen Bogenlichtes zwischen unreinen Kohlenelektroden. — 2. Bogenlicht zwischen Effektkohlen, die mit Kalziumsalzen imprägniert sind. — 3. Bogenlicht zwischen mit Strontiumsalzen imprägnierten Kohlen. — 4. Bogenlicht zwischen mit Bariumverbindungen imprägnierten Kohlen. — 5. Bogenspektrum mit einigen charakteristischen Aluminiumlinien. — 6. Spektrum einer Quarzquecksilberdampflampe. (Die Zahlen sind Wellenlängen des Lichtes, ausgedrückt in Angströmschen Einheiten.)

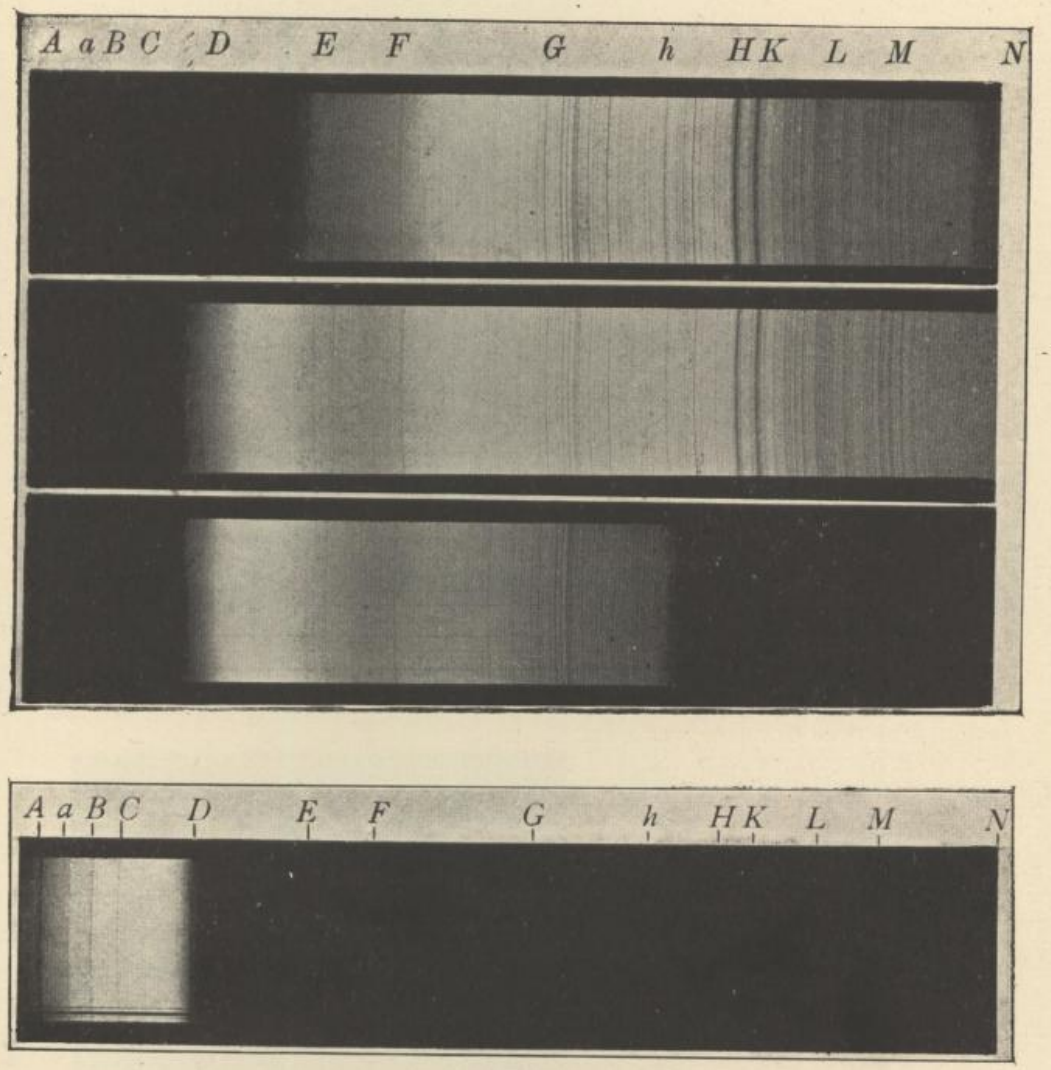
SLUB
Wir führen Wissen.
gefördert von der
Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG



Spektrumphotographien mit dem großen Quarzspektrographen mit Linsen von 1 m Fokus (vgl. S. 48).

1. Funkenspektrum von Kadmium. — 2. Funkenspektrum von Zink. — 3. Funkenspektrum von Blei. — 4. Funkenspektrum von Eders Legierung (Kadmium, Zink, Blei). 5. Funkenspektrum von Eisen.

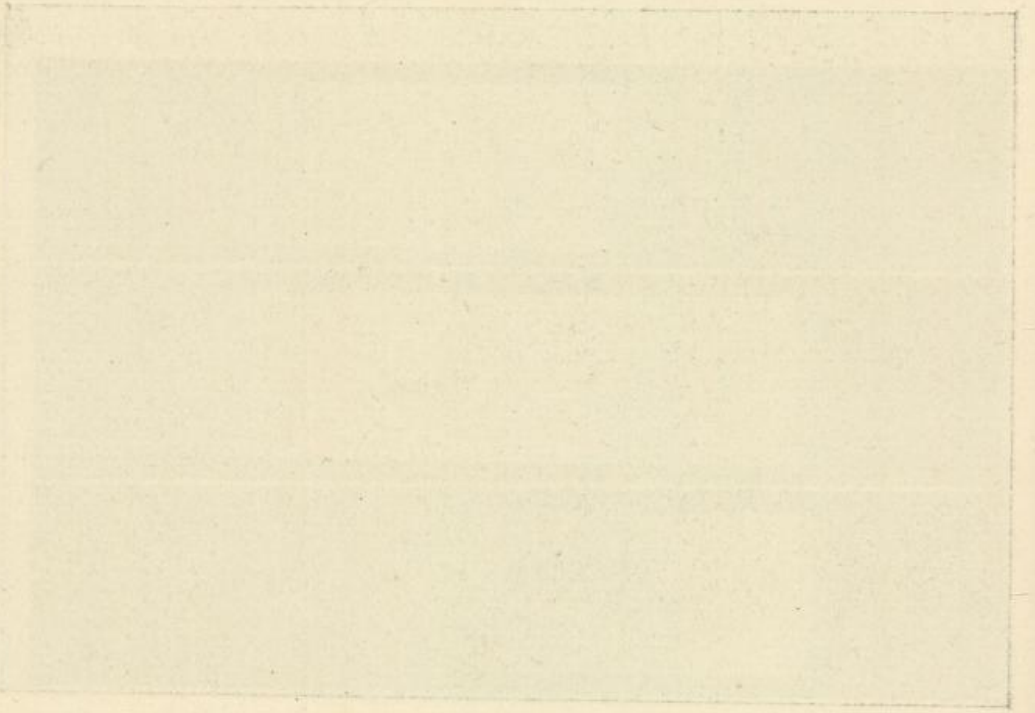
SLUB Wir führen Wissen.
gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

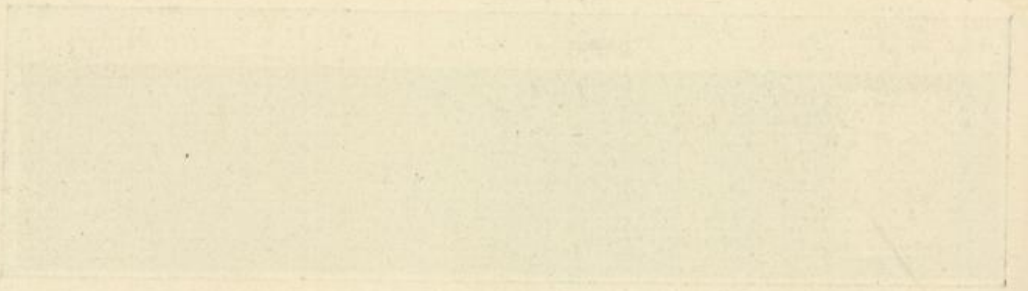


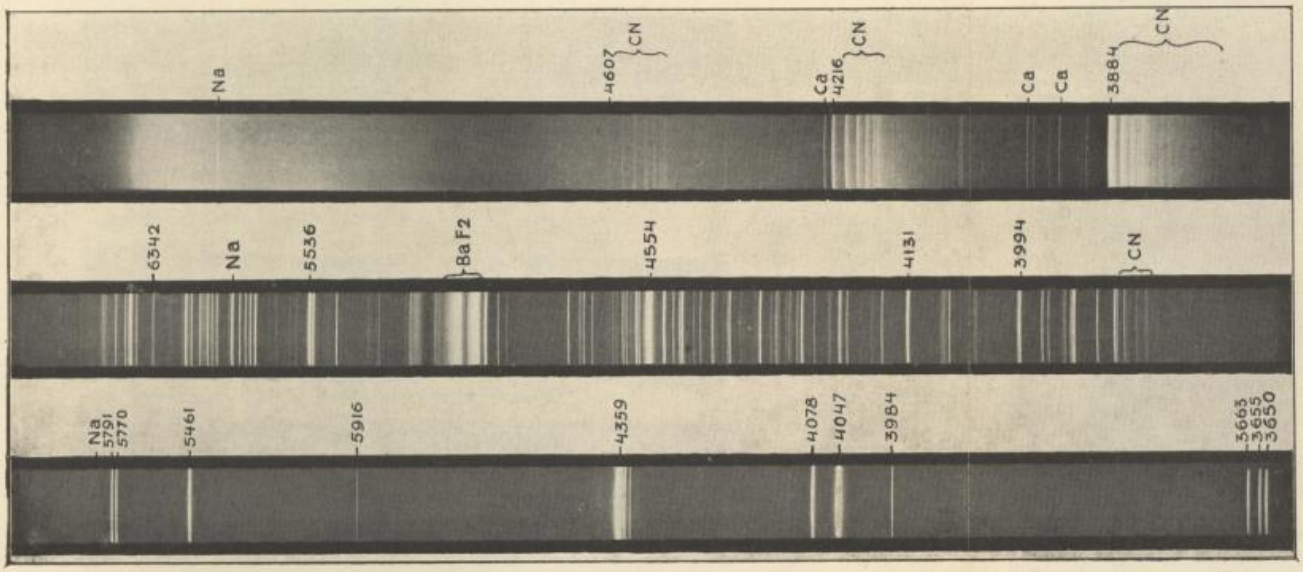
Photographie des Sonnenspektrums mit dem großen Steinheilschen Glasspektrographen mit 3 Prismen (vgl. Fig. 21).

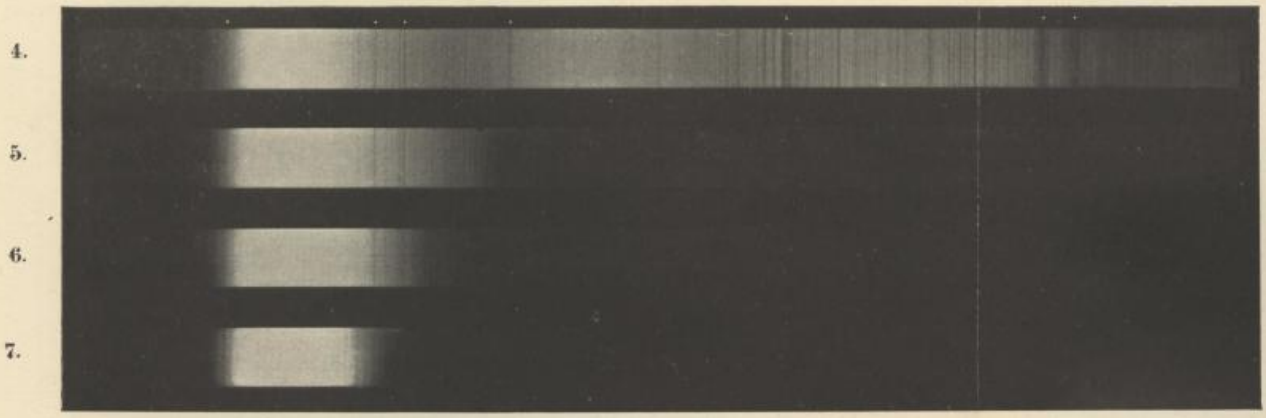
1. Wirkung des Sonnenspektrums auf gewöhnliche Bromsilbergelatine mit Entwicklung. — 2. Wirkung des Sonnenspektrums auf eine orthochromatische mit Erythrosin sensibilisierte Bromsilbergelatineplatte. — 3. Dämpfung der Blauwirkung durch Vorschaltung einer Gelbscheibe. — 4. Roter und oranger Teil des Sonnenspektrums (Aufnahme hinter rotem Glas auf einer rotempfindlichen Platte).

SLUB Wir führen Wissen.
gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG





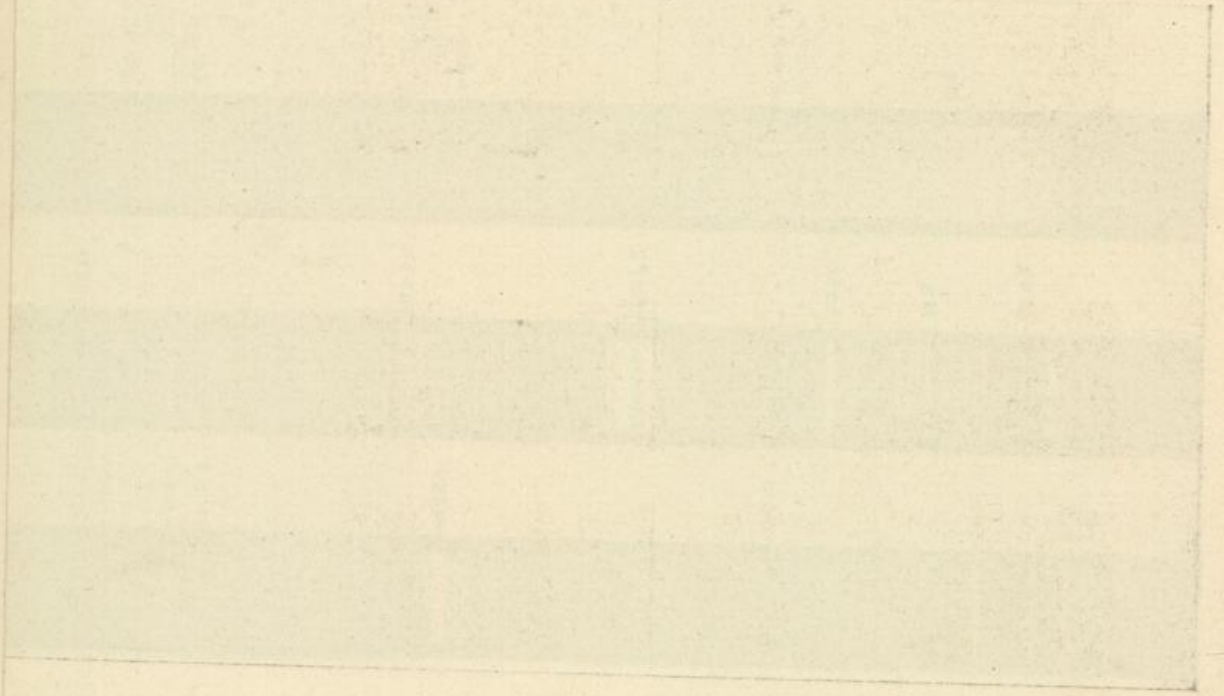


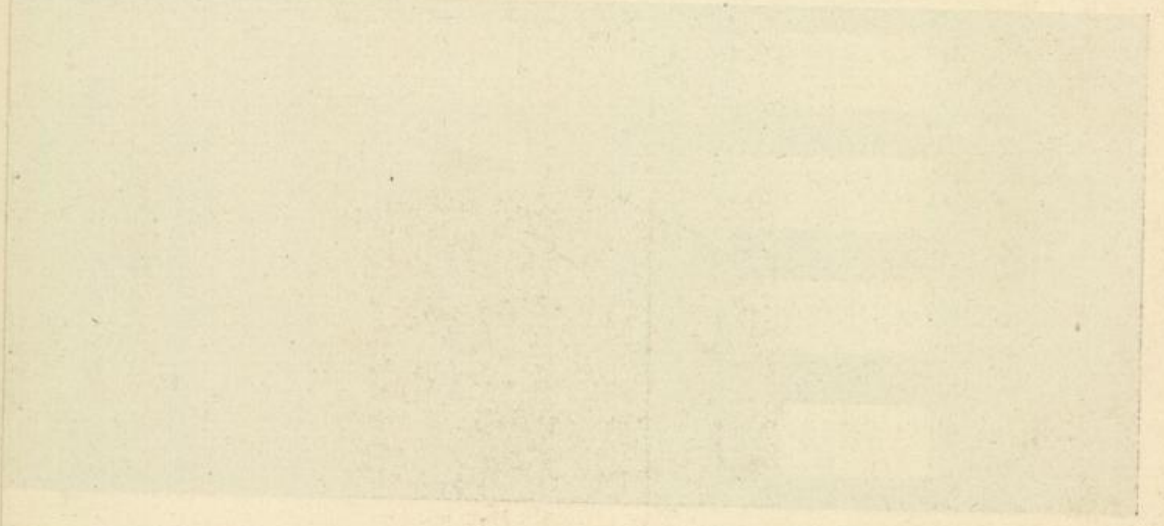


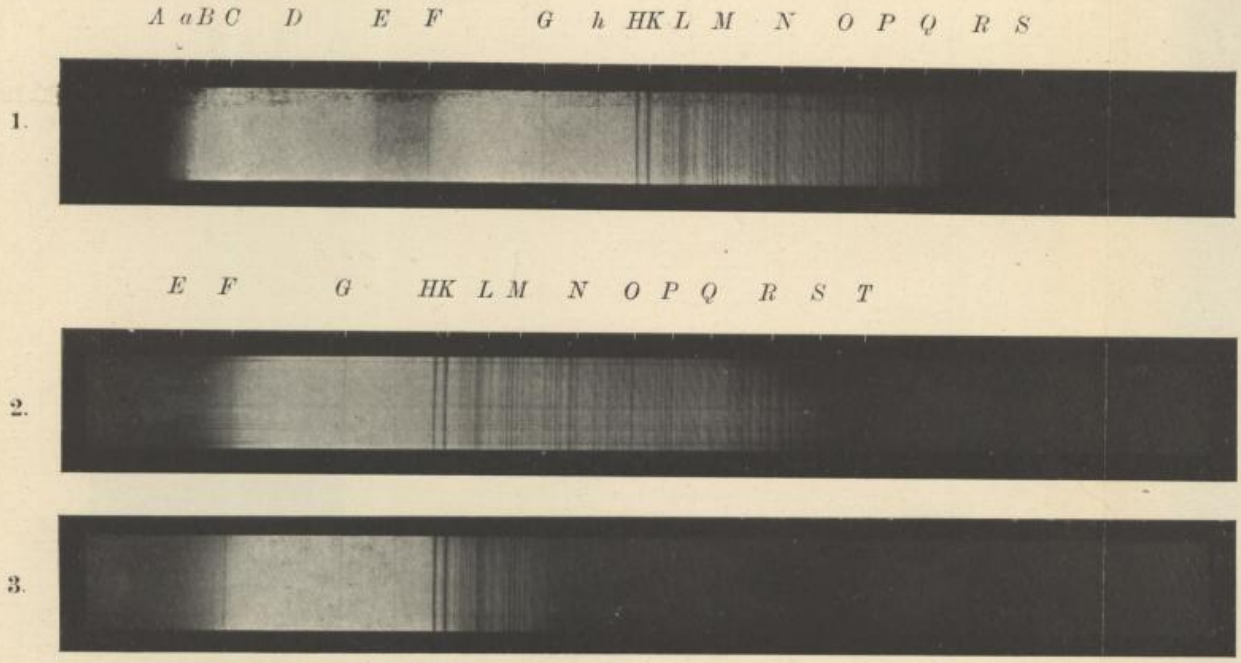
Photographien von Bogenspektren mit dem Glasspektrographen mit Kompoundprisma (vgl. Fig. 24).

1. Elektrisches Bogenlicht von Kohle. — 2. Weißer Effektbogen mit Fluorbaryum. — 3. Quecksilberdampflampe (Glas). — 4. Erythrosin-Bromsilbergelatineplatte, Sonnenspektrum frei einfallend. — 5. bis 7. mit Vorschaltung von Gelb- bis Orangefiltern verschiedener Intensität.

SLUB
Wir führen Wissen.
gefördert von der
Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

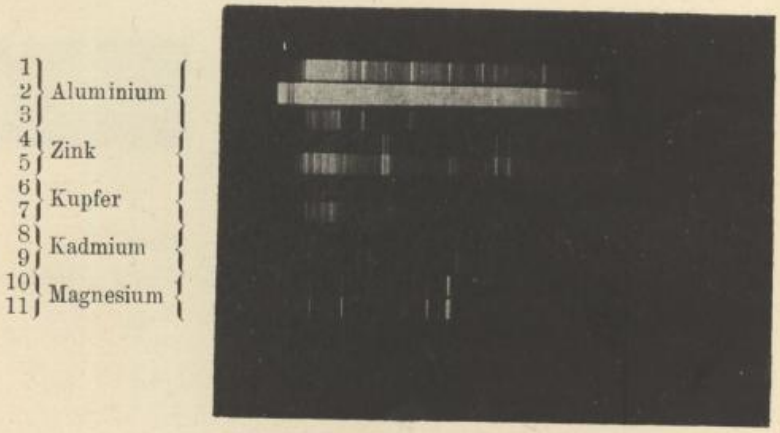






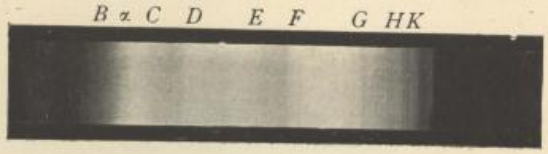
Sonnenspektrum, aufgenommen mit dem großen Quarzspektrographen mit Objektiven von 1 m Fokus und einem Cornuprisma (vgl. S. 48).

1. Photographie auf einer panchromatischen Trockenplatte mit Fraunhoferschen Linien; von *K* ab: Ultraviolett. Die Wirkung hört über *a* im Rot auf. — 2. Sonnenspektrum auf einer gewöhnlichen Trockenplatte im Quarzspektrographen. — 3. Dasselbe Spektrum nach Vorschalten einer gewöhnlichen farblosen Glasplatte vor den Spalt des Quarzspektrographen.



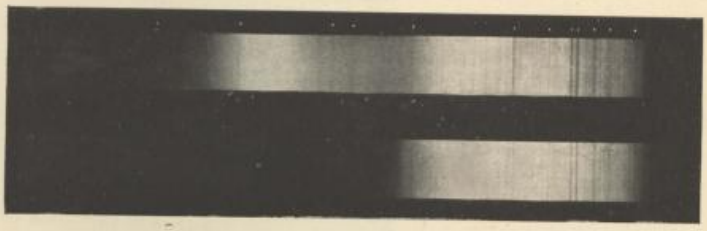
Photographie von Metallspektren mittels Fueß' kleinem Quarzspektrographen (vgl. Fig. 37), ungefähr von Blau bis etwa 220 $\mu\mu$.

SLUB Wir führen Wissen.
gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG



1.

Photographie des Sonnenspektrums mit einem kleinen Gitterspektrographen (Abklatschgitter) auf einer panchromatischen Platte.

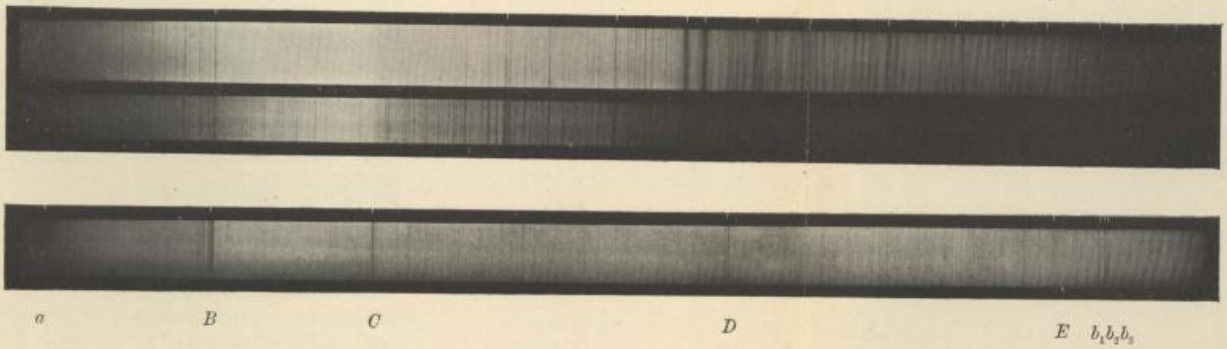


2.

3.

Photographie des Sonnenspektrums mit einem kleinen Spindler & Hoyerschen Gitterspektrographen mit Abklatschgitter (vgl. Fig. 42).

2. Sonnenspektrum auf einer Erythrosinplatte. — 3. Dasselbe auf einer gewöhnlichen Bromsilberplatte.



4.

5.

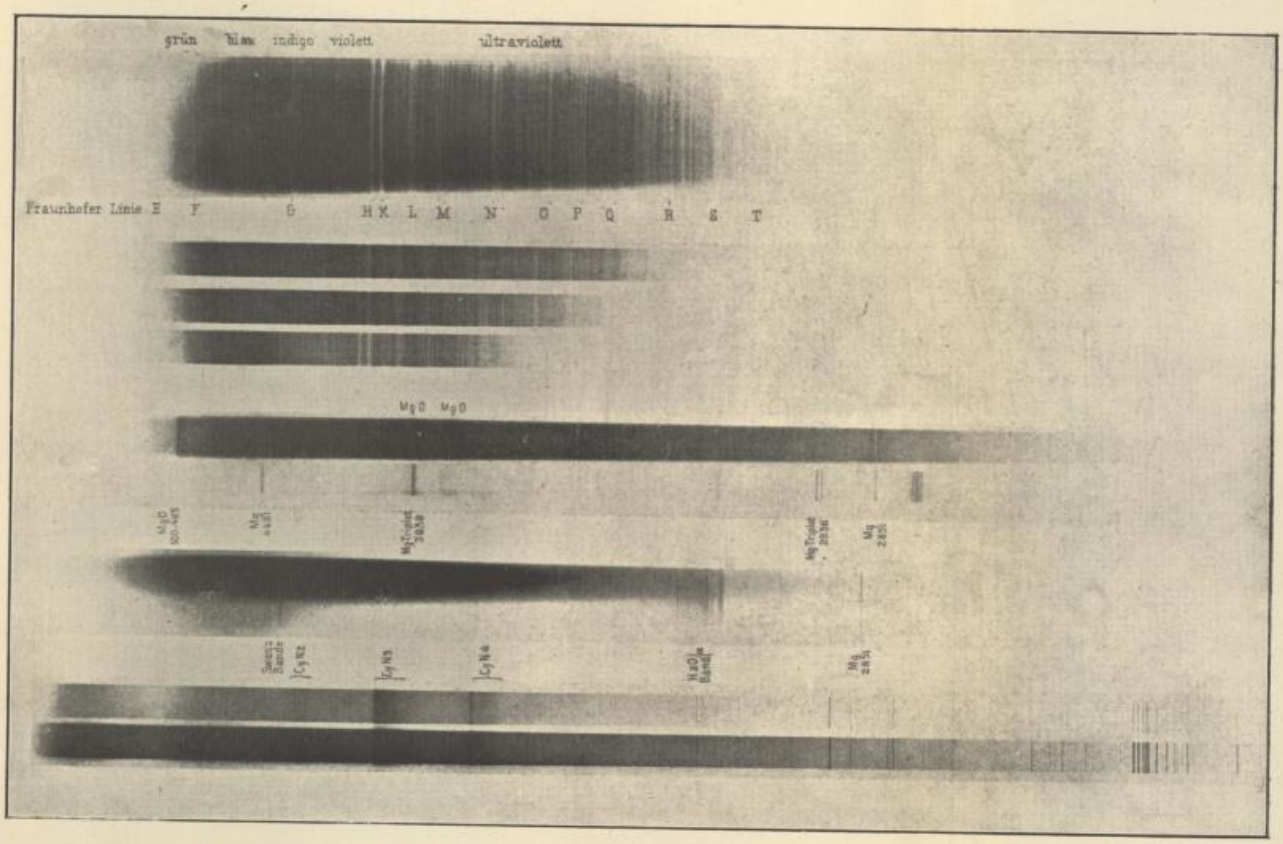
6.

Photographie des Sonnenspektrums mit dem kleinen Rowlandschen Original-Konkavgitter (vgl. Fig. 48).

4. Photographie auf gewöhnlicher Bromsilbergelatine, normal belichtet. — 5. Dasselbe, kurz belichtet. — 6. Roter bis grüner Teil des Sonnenspektrums, aufgenommen auf einer rotempfindlichen Platte.

SLUB
Wir führen Wissen.
gefördert von der
Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

SLUB
Wir führen Wissen.
gefördert von der
Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

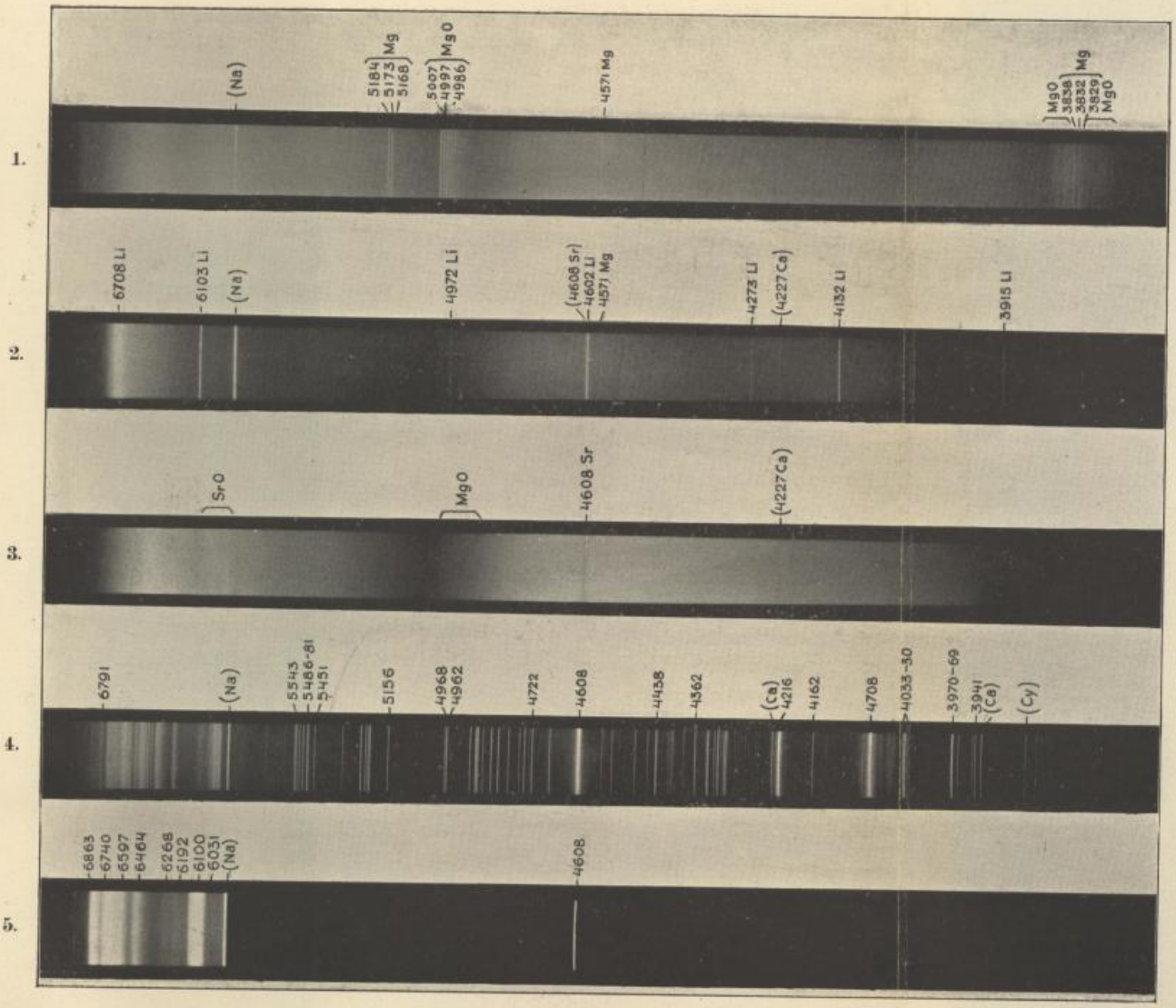


Spektrumphotographien mittels eines Quarzspektrographen von 75 cm Fokus (vgl. Fig. 34).

1. Photographie des Sonnenspektrums auf Bromsilbergelatine. — 2. Sonnenspektrum bei kürzerer Belichtung. — 3. Sonnenspektrum nach Vorschalten einer 1 mm dicken Schicht von Flintglas. — 4, Sonnenspektrum nach Vorschalten einer 1 mm dicken Schicht von Uranglas. — 5. Spektrum des brennenden Magnesiums (Photographie auf gewöhnlicher Bromsilbergelatine). — 6. Funkenspektrum des Magnesiums (Photographie auf gewöhnlicher Platte). — 7. Spektrum des Drummondschen Lichtes mit Magnesiumoxyd (Photographie auf gewöhnlicher Platte). — 8. und 9. Spektrum des elektrischen Flammenbogens zwischen Kohlenelektroden bei verschiedener Belichtungszeit (Photographie auf orthochromatischen Erythrosinplatten).

SLUB
Wir führen Wissen.
gefördert von der
Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

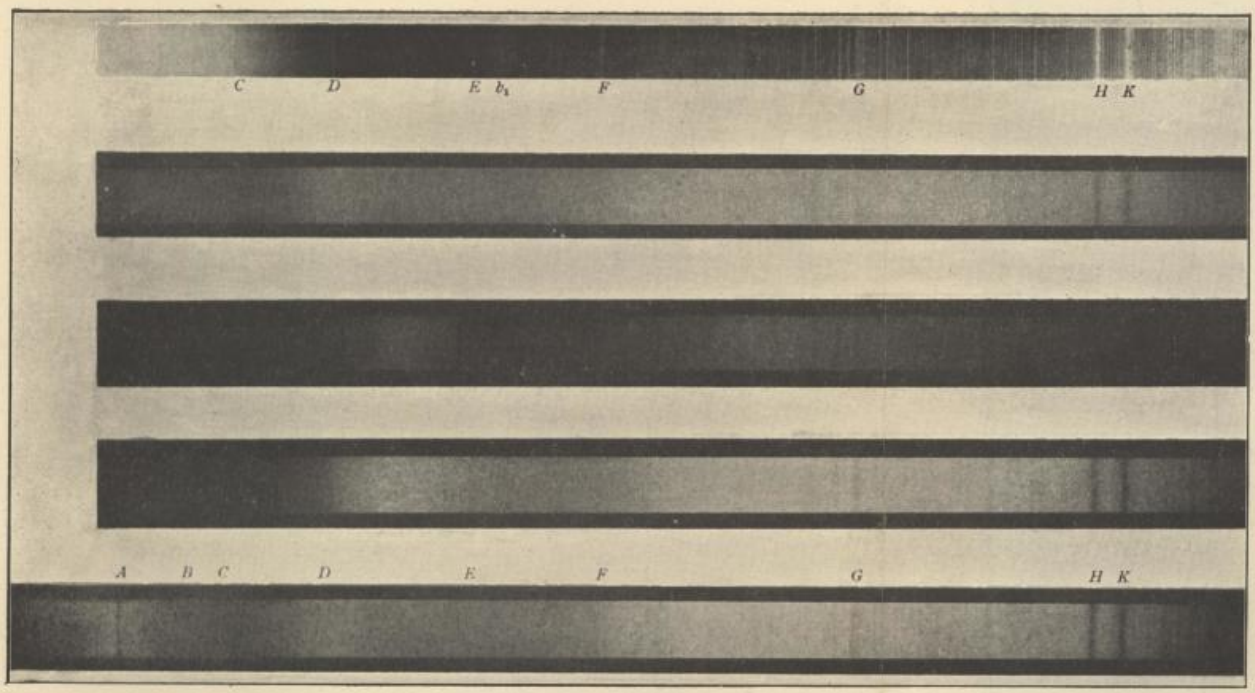
SLUB
Wir führen Wissen.
gefördert von der
Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG



Flammenspektren, aufgenommen im Glasspektrographen mit Kompoundprisma (vgl. Fig. 24).

1. Brennendes Magnesium. — 2. Blitzlicht aus Magnesium und Lithiumkarbonat. — 3. Blitzlicht aus Magnesium und Strontiumnitrat. — 4. Bogenspektrum von Strontiumsalzen. — 5. Bunsenflamme mit Strontiumnitrat.

SLUB
Wir führen Wissen.
gefördert von der
Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG



Solarisationserscheinungen (vgl. S. 311). **Spektrumphotographien auf Bromsilbergelatine mit dem Glasspektrographen** (vgl. Fig. 25).

1. Abbildung eines normalen Negativs. — 2. Solarisationserscheinung auf einer Bromsilberplatte (hell auf dunklem Grunde). — 3. Beginn der Solarisation auf einer Erythrosin-Bromsilbergelatineplatte (7000fach über das Normale belichtet). — 4. Fortschreiten der Solarisatioa auf einer Erythrosinplatte bei 15000facher Überbelichtung. — 5. Solarisationserscheinung bei einer mit Cyclamin sensibilisierten Platte bei 20000facher Überbelichtung; Auftreten eines zweiten Maximums der Solarisation in Rot.

SLUB
Wir führen Wissen.
gefördert von der
Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

SLUB DRESDEN
3 0454446

SLUB
Wir führen Wissen.
gefördert von der
Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG